

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Návrh stříhacího přípravku

Proposal of Cutting Preparation

Student:

Bc. Martin Zimák

Vedoucí diplomové práce:

Dr. Ing. Miroslav Bova

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Zimák**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika
Téma: **Návrh stříhacího přípravku**
Proposal of Cutting Preparation

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši z oblasti stříhání ocelových profilů a z oblasti vývoje moderního stavebnictví.
2. Vyberte vhodné řešení.
3. Proveďte potřebné technické a projekční výpočty.
4. Vypracujte projekt zařízení.
5. Nakreslete výrobní dokumentaci stříhací jednotky a sestavný výkres stříhacího přípravku.
6. Vypracujte návod na obsluhu a údržbu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Kolektiv autorů. *Projektování a konstrukce hydraulických zařízení*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth, 1988.
Pivoňka, J. a kol. *Tekutiny a mechanizmy*. Praha: SNTL Praha, 1987.
Sivák, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



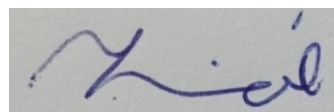
doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2015

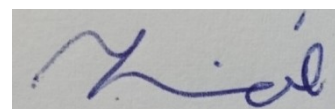


Martin Zimák

Prohlašuji, že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 18.5.2015



Podpis

Martin Zimák

Babice 20, Kelč, 756 43

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto děkuji vedoucímu diplomové práce Dr.Ing. Miroslavu Bovovi, za cenné rady a pomoc při zpracování této práce. Dále děkuji rodině za jejich podporu.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ZIMÁK, M. *Návrh stříhacího přípravku: diplomová práce.*

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2015, 61 s. Vedoucí práce: Bova, M.

Diplomová práce se zabývá návrhem stříhacího přípravku, pro prostřihování C profilu, který je součástí stavebního pouzdra posuvných dveří. První část se věnuje popisu technologie stříhání. V další části je rozebrána alternativa konstrukce stříhadla. Praktická část se zabývá výpočty střížné síly, návrhu akumulátoru, návrhu chladiče a dalšími potřebnými výpočty. Závěr práce zahrnuje obsluhu a údržbu hydraulického agregátu. Jako součást práce je přiložen sestavný výkres stříhacího přípravku, výrobní dokumentace střížné jednotky a funkční schéma hydraulického obvodu spolu se specifikací prvků obvodu pohonu stříhadla.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ZIMÁK, M. *Proposal of Cutting Preparation: Master Thesis.* Ostrava: VŠB –

Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic System, 2015, 61 s. Thesis head: Bova, M.

This thesis deals with the proposal of cutting preparation, punching for C profile, which is part of the building housing the sliding door. The first part describes cutting technology. The next section discusses the alternative design cutting preparation. Practical part deals with the calculations of shear forces, the design of the hydraulic battery, the draft coolers and other necessary calculations. Finally, the work involves operating and maintaining hydraulic unit. As part of this work is attached a the plan of the cutting preparation, production documentation of the cutting unit and functional diagram of the hydraulic circuit together with the specification of the drive circuit elements of the cutting preparation.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
0. Úvod.....	13
1. Moderní systémy posuvných dveří.....	14
1.1 Stavební pouzdra	14
1.2 Komponenty systému pouzdra	15
2. Stříhání	17
2.1 Dělení na tabulových nůžkách	17
2.1.1 Stříhání rovnoběžnými noži	19
2.1.1.1 Výpočet střížné síly a práce	20
2.1.2 Stříhání šikmými noži.....	21
2.2 Stříhání kruhovými noži.....	23
2.3 Stříhání profilů, trubek a tyčí	24
2.4 Stříhání pomocí stříhadel	25
Rozdělení stříhadel:.....	25
2.4.1 Střížná vůle.....	27
2.5 Souhrn střížných operací	28
3. Požadavky a parametry přípravku	29
3.1 Stříhaný profil	30
4. Rozvaha alternativních řešení konstrukce	31
4.1 Varianta č.1	31
4.2 Varianta č.2	33
4.3 Výběr vhodné varianty:.....	35
4.4 Kompletní model stříhadla	36
5. Zvolený hydraulický obvod (viz přílohy).....	37
6. Jednotlivé výpočty + návrhy prvků:	40
6.1 Určení střížné síly F_s :	40
6.2 Určení působící síly F_k klínu na hydromotor.	41
6.3 Určení parametrů PHM	41
6.4 Návrh pohonné jednotky	44
6.4.1 Návrh hydrogenerátoru	44

6.4.2 Návrh elektromotoru	46
6.5 Návrh akumulátoru.....	46
6.6 Návrh chladiče	48
6.6.1 Volba vzduchového chladiče	52
7. Návod na obsluhu a údržbu	54
8. Závěr	58
Firemní podklady:	60
7. Seznam příloh	61

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Popis	Jednotka
A	střížná práce	$[J]$
A_l	výška pracovní plochy	$[m]$
C	koeficient závislý na druhu stříhání	$[-]$
D_p	průměr pístu prostřih	$[m]$
D_{pl}	průměr pístu prolis	$[m]$
D_k	průměr pístu klín	$[m]$
F	střížná síla skloněnými noži	$[N]$
F_{max}	maximální střížná síla	$[N]$
F_k	střížná síla klín	$[N]$
F_p	střížná síla prolis	$[N]$
F_s	střížná síla	$[N]$
$K_{\check{c}}$	součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^2 \cdot ^\circ C]$
K_{sp}	počet prvků	$[ks]$
$K_{s\check{c}}$	počet čerpadel	$[ks]$
L	délka stříhu	$[m]$
Q	průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_{ch}	průtok chladiče	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_i	jednotlivý průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_l	průtok lekáží	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_{max}	maximální průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_s	střední průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_1	průtok při vysouvání	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_2	průtok při zasouvání	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
P_e	výkon elektromotoru	$[W]$
P_{ech}	výkon elektromotoru chladiče	$[W]$

R_m	mez pevnosti v tahu	$[Pa]$
R_{ms}	mez pevnosti ve střihu	$[Pa]$
S	střížná plocha	$[m^2]$
S_N	teplo směnná plocha nádrže	$[m^2]$
S_k	plocha pístu klín	$[m^2]$
S_p	plocha pístu prostřih	$[m^2]$
S_{pl}	plocha pístu prolis	$[m^2]$
V	objem hydromotoru	$[m^3]$
V_N	objem nádrže	$[m^3]$
V_g	geometrický objem	$[m^3]$
V_l	objem akumulátoru	$[m^3]$
T	časová konstanta	$[s]$
T_c	doma cyklu	$[s]$
c	měrné skupenské teplo kapaliny	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K]$
c_l	měrné skupenské teplo kovu	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K]$
d_k	průměr pístnice klín	$[m]$
d_p	průměr pístnice prostřih	$[m]$
d_{pl}	průměr pístnice prolis	$[m]$
$f_{\check{e}1}$	časový faktor čerpadla	$[-]$
$f_{\check{e}2}$	časový faktor prvků	$[-]$
h	hloubka vniknutí do materiálu	$[m]$
h_k	zdvih pístnice klín	$[m]$
h_p	zdvih pístnice prostřih	$[m]$
h_{pl}	zdvih pístnice prolis	$[m]$
i	prostor pro chodidla	$[m]$
k	součinitel střihu	$[-]$
k_l	poměrná hloubka vniknutí	$[m]$

m_k	hmotnost kovových částí	[kg]
n	polytropický exponent	[-]
n_e	otáčky elektromotoru	[ot·min ⁻¹]
p	jmenovitý tlak	[Pa]
p_{ch}	tlak v okruhu chlazení	[Pa]
p_p	pracovní tlak	[Pa]
p_{pokle}	pokles tlaku	[Pa]
p_{pom}	poměr tlaku	[-]
p_r	tlakový spád na prvcích	[Pa]
p_0	plnicí tlak	[Pa]
p_1	minimální tlak	[Pa]
p_2	maximální tlak	[Pa]
s	tloušťka stříhaného materiálu	[m]
t_i	doba odběru	[s]
t_o	teplota okolí	[°C]
t_{ol}	počáteční teplota oleje	[°C]
t_{olej}	ustálená teplota oleje	[°C]
t_u	ustálená teplota ale	[°C]
t_1	čas vysouvání	[s]
t_2	čas zasouvání	[s]
v_1	rychlost vysouvání	[m·s ⁻¹]
v_2	rychlost zasouvání	[m·s ⁻¹]
z	střižná vůle	[m]
Δt	rozdíl teplot	[°]
ΔV	užitečný objem	[dm ³]
ϕ_{HG}	teplo z provozu hydrogenerátoru	[W]
ϕ_{CH}	chlazený výkon	[W]

ϕ_N	teplo odvedené nádrží	$[W]$
ϕ_P	teplo přivedené prvky	$[W]$
ϕ_p	přepočet výkonu	$[W]$
ϕ_r	rezerva chlazeného výkonu	$[W]$
ϕ_Z	celkový ztrátový výkon	$[W]$
ϕ_v	teplo přivedené z venku	$[W]$
ϕ_{vCH}	výkon vzduchového chladiče	$[W]$
τ_o	doba ohřátí oleje na teplotu	$[min]$
η_G	průtoková účinnost HG	$[-]$
λ	úhel sklonu nože	$[^\circ]$
π	Ludolfovo číslo	$[-]$
ρ	hustota kapaliny	$[kg \cdot m^3]$

0. Úvod

Původ posuvným dveří sahá až do doby řecko-římské historie, tudíž jsme schopni říci, že se nejedná o moderní vynález. Naznačení stop přítomnosti posuvného systému je možné spatřit ve městě Pompeje, které se datují od 1. století našeho letopočtu. Později od roku 1880 byl systém oblíbený v Británii, především ve viktoriánských domech, kde odděloval salónky od dalších místností domu. Pod názvem *Fusuma* byly posuvné dveře zhruba ve stejné době oblíbeny také v Japonsku.

Cílem mé diplomové práce je navrhnout stříhací přípravek, pro stříhání součásti ze stavebního pouzdra posuvných dveří. Tento přípravek osadit potřebným hydraulickým systémem, který zabezpečí správnou funkci stříhání.

V teoretické části se budu zabývat systémem posuvných dveří, poté popíšu jednu z nejrozšířenějších technologických operací, kterým je stříhání. To spočívá v dělení materiálu pomocí namáhání smykem, vyvolaným střížnými hranami střížného nástroje. V další části rozeberu požadavky na stroj a popíšu stříhaný profil, pro který navrhnu a vyberu vhodnou variantu konstrukce.

Praktická část se zabývá zjištěním parametrů jako je střížná síla a pro tyto parametry zajistím potřebné hydraulické výpočty, díky nim navrhnu jednotlivé prvky systému. V poslední řadě praktické části bude návod na údržbu a obsluhu agregátu.

1. Moderní systémy posuvných dveří

Posuvné dveře jsou elegantním, praktickým a inteligentním doplňkem interiéru. Během posledních pár let se staly velmi oblíbeným řešením jak v běžných domácnostech, tak i např. hotelů. Systémů do posuvných dveří je spousta, příkladem jsou systémy jednodušší, kde se kolejničky připevní na zeď či strop (obr. 1.1). Další z možností je **stavební pouzdro**. Pouzdro je montováno do zděných přiček nebo do přiček sádkartonových.

1.1 Stavební pouzdra

Stavební pouzdro je konstrukce umožňující elegantně zajíždět do zdi zavěšeným posuvným dveřím. Jedním z nesporných kladů dveří instalovaných do pouzdra je to, že šetří místo, protože dveřní křídlo v otevřeném stavu nikde a nijak nepřekáží. Oproti tomu klasicky otáčivě



Obr. 1.1 Posuvné dveře vně přičky

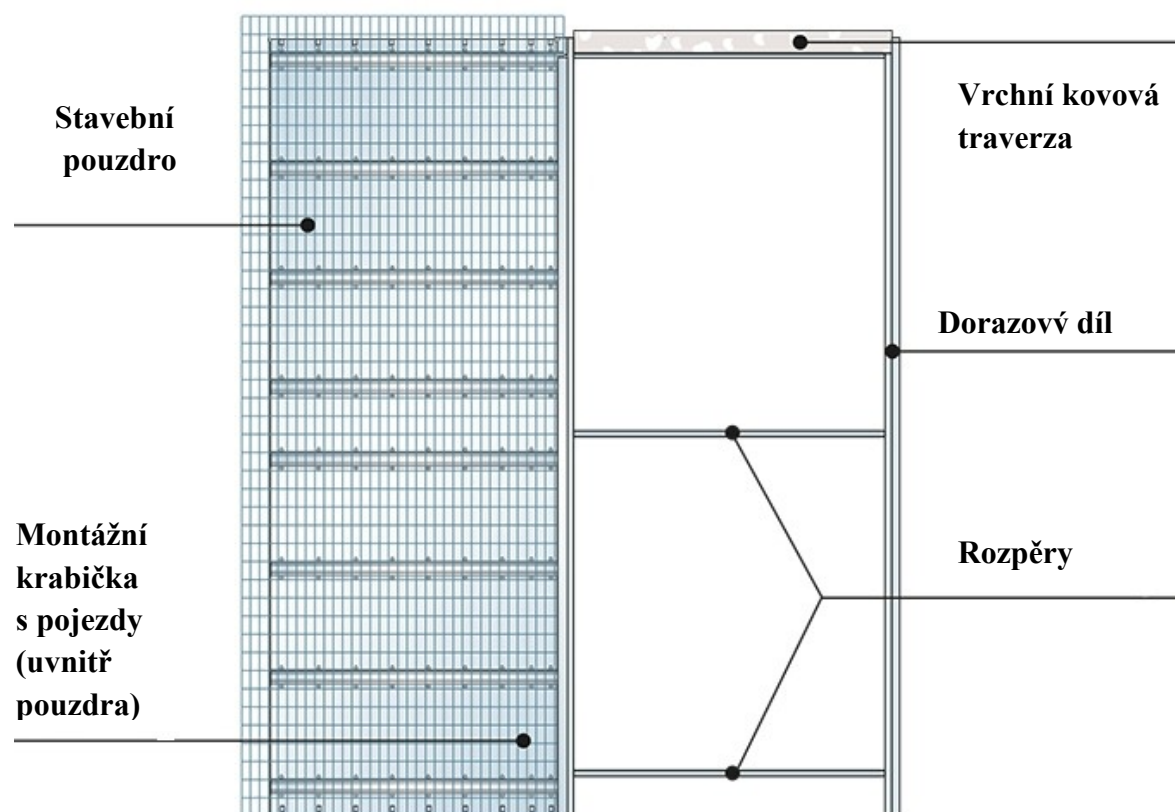
dveře, ať jsou v jakékoli pozici, jsou bariérou. Snadně a tiše se otevírají. Nepotřebují práh, tudíž jsou bezbariérová, a proto jsou vhodná pro handicapované, seniory, či rodiny s dětmi.

Stavební pouzdra jsou dodávány v různých modelových řadách. Pouzdra jsou schopna schovat jak jednokřídle, tak i dvoukřídle dveře o různých rozměrech.



Obr. 1.2 Dveře zajíždějící do pouzdra

1.2 Komponenty systému pouzdra

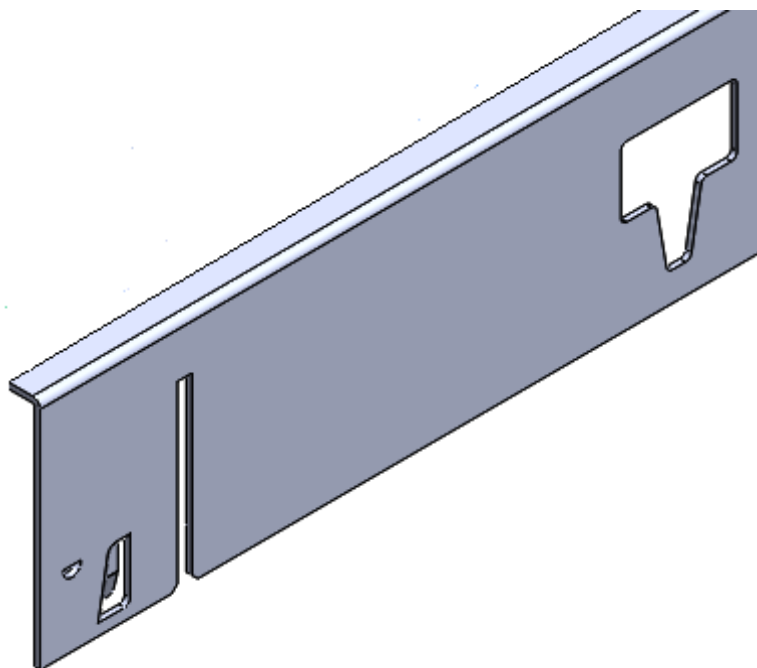


Obr. 1.3 Komplet pouzdra

Pouzdro sestává z vodící kolejnice, kapsy a dorazového dílu. Posuvné vozíčky s vodící kolejnicí zajišťují lehký a snadný posuv dveřních křídel. Vodící kolejnice bývá nejčastěji umístěna v horní části pouzdra, pokud váha křídla je výrazněji vyšší, lze kolejnici umístit do spodní části pouzdra. Pouzdro je vyráběno z různých materiálů v současné době především pozinkovaný plech.

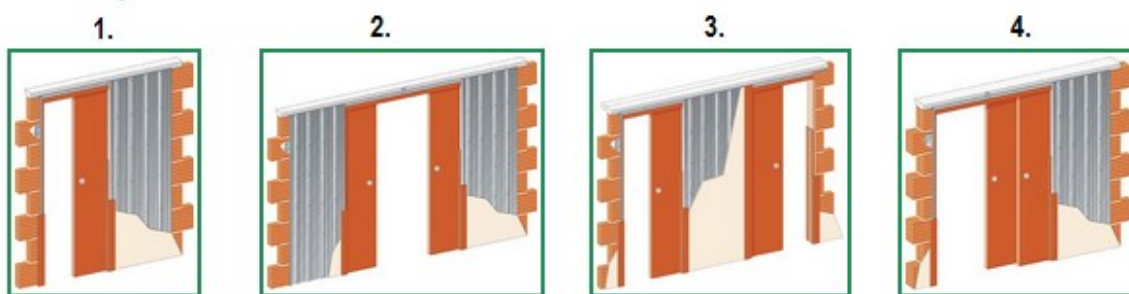
Požadavky kladené na pouzdro:

- **Spolehlivost a robustnost**
- **Odolnost**
- **Životnost** – během montáže i v průběhu používání by stavební pouzdro mělo zůstat bez jakýchkoli deformací. Stavební pouzdro nesmí měnit vzhled ani strukturu stěny
- **Snadná instalace a údržba**- stavební pouzdro vyhází vstříc zedníkům a obkladačům, protože obsahuje potřebné závěsné a montážní otvory (obr. 1.4). Jednotlivé součásti by měl být schopen smontovat i nezkušený řemeslník. Údržba nebo jakákoliv další instalace příslušenství probíhá bez poškození struktury stěny.



Obr. 1.4 Montážní otvory pouzdra

Montáž stavebního pouzdra je velmi jednoduchá. Je zapotřebí vytvořit vhodný stavební otvor, pak jen stačí šroubovák na sestavení pouzdra a montážní pěna pro usazení. Na obr. 1.3 je naznačen způsob zavírání (otevírání) a zabudování pouzdra do zděnné příčky.



Obr.1.5 Typy pouzder do zděné příčky

1. Jednodřídlé pouzdro, 2. Dvoukřídle pouzdro: dveře jdou proti sobě,
3. Dvoukřídle pouzdro: dveře jdou od sebe- určené pro dvě místnosti,
4. Dvoukřídle pouzdro: Dveře se zavírají paralelně jedním směrem

2. Stříhání

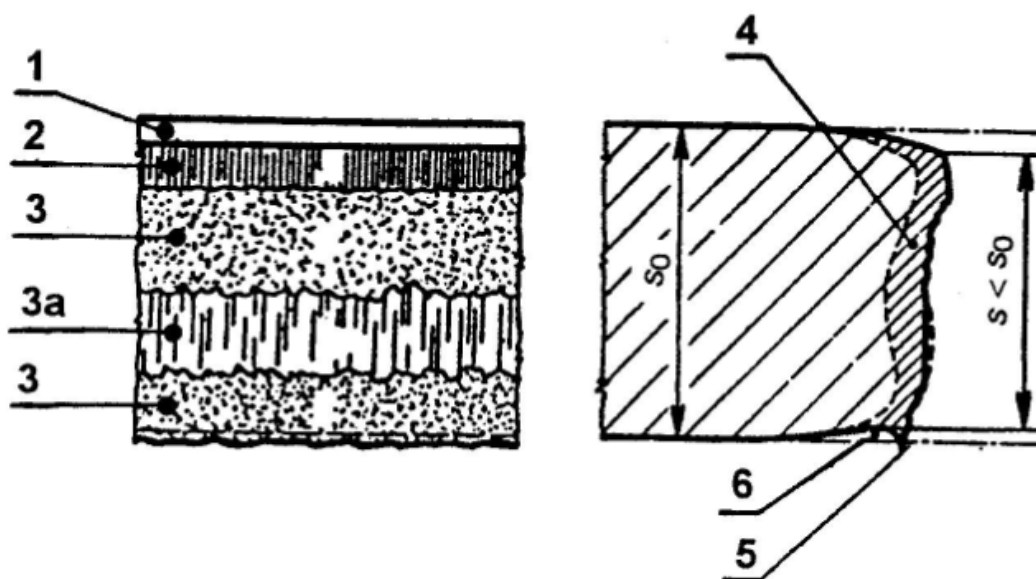
Mezi nejrozšířenější technologie plošného tváření materiálu v strojírenské výrobě patří stříhání. Stříhání nalezne uplatnění při přípravě polotovarů např. dělení tabulí plechu na pásy, vystříhování různých součástí nebo rozdělování svitků.

Stříháním se rozumí postupné či současné oddělování částic materiálu smykovým působením střížných nástrojů. Materiál je stříhán pomocí střížných nástrojů a to střížnicí a střížníkem. Materiál lze dělit za studena i za tepla. Za studena se stříhá měkkí ocel do pevnosti ve stříhu 400 MPa, většinou plechy. Materiál, který přesáhne hodnotu 400 MPa, je lepší stříhat za tepla. U stříhání za tepla se používá nižší síla stříhu z důvodu zahřátí materiálu na teplotu kolem 700°C, kde klesne přetvárná pevnost např. na 140 MPa, proto je výhodnější pro nároky lisu, ale navzdory tomu, že klesne střížná síla je dělení za tepla nákladnější, důvodem je ohřev polotovaru.

2.1 Dělení na tabulových nůžkách

Polotovar v tomto případě tabule plechu je stříhán na pásy nůžkami buďto s rovnoběžnými nebo skloněnými noži. Při této operaci je v místě stříhu polotovar vystaven tlaku, který roste od nuly, až do pevnosti materiálu ve stříhu v této chvíli dochází k oddělení materiálu.

Oddělování materiálu proběhne velmi rychle, dřív nežli se setkají nože. Po ustřižení není plocha dokonalá, jelikož část vznikla lomem. Kolem stříhu dochází ke zpevnění materiálu a snížení jeho tvárnosti z důvodů trvalé deformace v okolí stříhu. Stříhání je jedinou tvářecí operací, která směřuje ke chtěnému porušení materiálu.



Obr. 2.1 Vzhled střižné plochy

Oblasti střižné plochy: (viz. obr. 2.1)

1. Zeslabení tloušťky.

V tomto místě dochází k počátečnímu pěchování materiálu. Pohyblivý nůž vnikne čelem do materiálu. Hloubka vniknutí bývá 5-8 % tloušťky stříhaného polotovaru.

2. Oblast plastického stříhu.

Tato oblast je nejpřesnější a nejhladší. Dle tvárnosti tvoří 10-40 % tloušťky plechu

3. Oblast lomu

V horní části střižné plochy došlo k prohloubení, spodní část vystupuje. Prohloubení je ovlivněno střižnou vůlí, to znamená, že čím je menší vůle tím je větší prohloubení (obrys lomu má tvar písmene S)

3a. Oblast otěru

Vzniká důsledkem tření při protlačování výstřižku střižníkem přes střižnici.

4. Oblast zpevnění.

S klesající tvárností roste. Tloušťka zpevněné oblasti dosahuje 20-30%

5. Otřep

Je naspod střižné plochy. Čím je tupější nůž a tvárnější materiál je otřep větší.

6. Vtisk spodního nože

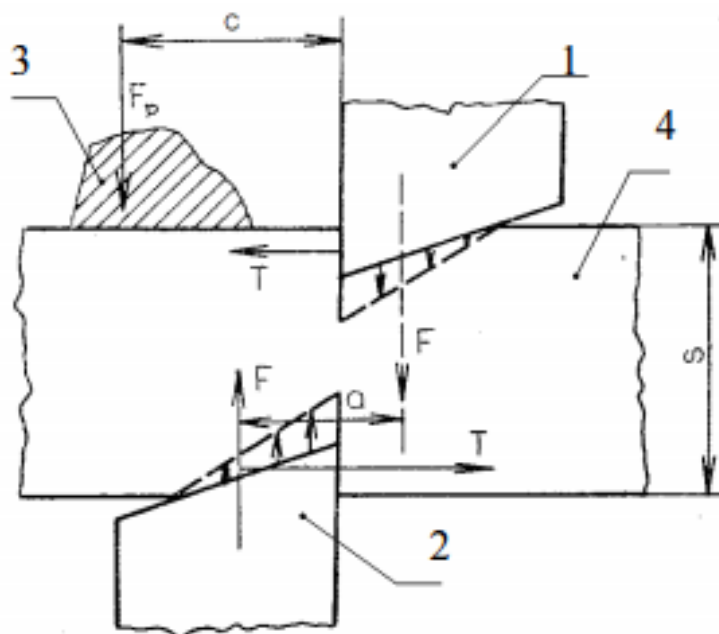
Pokud je úhel spodního nože větší, může dojít k zatlačení do stříhaného mat.

2.1.1 Stříhání rovnoběžnými noži

U dělení rovnoběžnými noži je polotovar (plech) stříhán v celé jeho šíři najednou. Při stříhání dochází k rychlému nárůstu a rychlému poklesu střížné síly. Střížná síla dosahuje maxima, jakmile nůž dosáhne určité hloubky zatlačení do materiálu, pak se objeví první trhliny v blízkosti řezných hran nože. Poté následuje náhlý pokles síly a materiál se přetrhne, tedy k oddělení dojde dříve, nežli horní pohyblivý nůž projde celým průřezem děleného materiálu

Při stříhání na rovnoběžných nožích dochází k rázům v mechanismech stroje, to může mít neblahé následky hlavně pro kalené součásti nůžek. Je to způsobeno důsledky výše zmiňovaných prudkých změn střížné síly, proto jeho průběh není příznivý.

Na obr. 2.2 je zobrazen skutečný střížný proces, kdy střížné síly nepůsobí jen v jedné rovině, ale střížná síla F_s se rozkládá na složku normálovou F a složku třecí T . Díky působení složek střížné síly vznikají při stříhu ohybové momenty, tyto momenty mají tendence natáčet stříhaný materiál. Zabránit natáčení plechu můžeme předejitím zvolením vhodného přidržovače.



Obr. 2.2 Silové působení stříhu s rovnoběžnými noži

1– Horní pohyblivý nůž, 2- Spodní pevný nůž, 3- Přidržovač, 4- Stříhaný materiál

2.1.1.1 Výpočet střížné síly a práce

Střížná plocha:

$$S = L \cdot s \quad [m^2] \quad (2.1)$$

Kde je:	L	Délka stříhu	mm
	s	Tloušťka stříhaného plechu	mm

Střížná síla:

$$F_{max} = S \cdot R_{ms} \cdot k \quad [N] \quad (2.2)$$

Kde je:	S	Střížná plocha	mm ²
	R _{ms}	Pevnost ve stříhu	MPa
	k	Bývá v rozmezí 1,25 až 1,5	-

Pevnost ve stříhu:

$$R_{ms} = (0,75 \div 0,85) \cdot R_m \quad [MPa] \quad (2.3)$$

Kde je:	R _m	Pevnost v tahu	MPa
---------	----------------	----------------	-----

Střížná práce

$$A = \frac{\pi}{2} \cdot F_{max} \cdot \frac{h}{2} = \frac{\pi}{4} \cdot F_{max} \cdot h \quad [J] \quad (2.4)$$

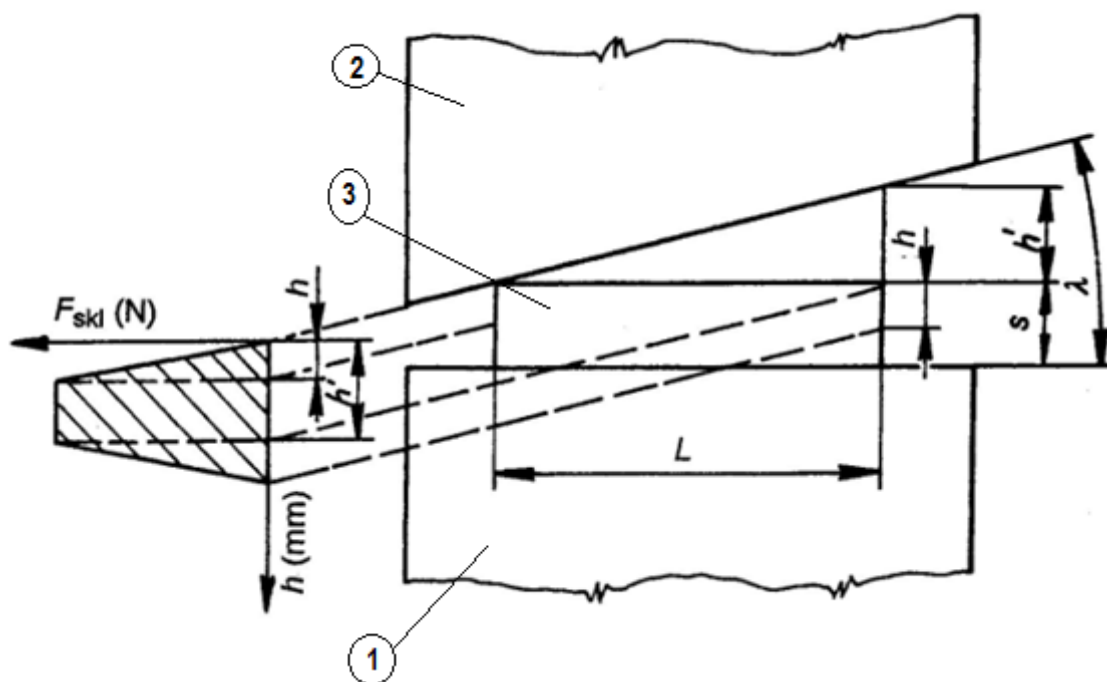
Kde je:	h	Hloubka vniknutí	m
---------	---	------------------	---



Obr. 2.3 Tabulové nůžky s rovnoběžnými noži

2.1.2 Stříhání šikmými noži

Oproti stříhání s rovnoběžnými noži jsou zde odstraněny nevýhody s ním spojeny. Tento způsob stříhání je vhodný proto, že se při něm sníží celková střížná síla. Nože svírají určitý úhel a materiál díky tomu stříhají postupně. Pracovní zdvih je zde větší oproti rovnoběžným nožům a je přímo úměrný úhlu sklonu nože λ (viz. obr. 2.4)



Obr. 2.4 Stříhání šikmými, skloněnými noži

1 – Spodní nůž, 2 – Horní pohyblivý nůž, 3 – Stříhaný materiál

Sklon horního pohyblivého nože by měl být takový, aby zaručil podmínku o samosvornosti, sklon bývá v rozmezí od 1 do 5°, pokud je tento úhel větší materiál může před nožem ujíždět.

Výpočet práce stříhu se skloněnými noži

$$A = F_{skl} \cdot h = F_{skl} \cdot L \cdot \tan \lambda = \frac{\pi}{4} \cdot F_{max} \cdot k_1 \cdot s \quad [J] \quad (2.5)$$

Kde je:	L	Délka stříhu	m
	h	Hloubka vniknutí nože do materiálu	m
	k_1	Poměrná hloubka vniknutí nože do materiálu (tab. 2.1)	-
	λ	Úhel sklonu nože	°

Materiál	Tloušťka stříhaného materiálu s (mm)			
	Do 1	1 až 2	2 až 4	Nad 4
Ocel měkka ($R_m = 250 - 350 \text{ MPa}$)	$0,70 \div 0,75$	$0,65 \div 0,70$	$0,55 \div 0,65$	$0,40 \div 0,55$
Ocel středně tvrdá ($R_m = 350 - 500 \text{ MPa}$)	$0,60 \div 0,65$	$0,55 \div 0,60$	$0,45 \div 0,55$	$0,35 \div 0,45$
Ocel tvrdá ($R_m = 500 - 700 \text{ MPa}$)	$0,47 \div 0,50$	$0,45 \div 0,47$	$0,35 \div 0,45$	$0,25 \div 0,35$
Al, Cu (žíhané)	$0,75 \div 0,80$	$0,70 \div 0,75$	$0,60 \div 0,70$	$0,50 \div 0,65$

Tab. 2.1 Poměrné hloubky vniknutí nože do materiálu k_1

Výpočet střížné síly pro skončené nože

Z rovnice (2.5) lze vyjádřit střížnou sílu se skloněnými noži F_{skl} .

$$F_{skl} = \frac{\pi \cdot F_{max} \cdot k_1 \cdot s}{4L \cdot tg\lambda} \quad [N] \quad (2.6)$$

Po dosazení za F_{max} z rovnice (2.2) dostaneme konečný vzorec pro výpočet střížné síly

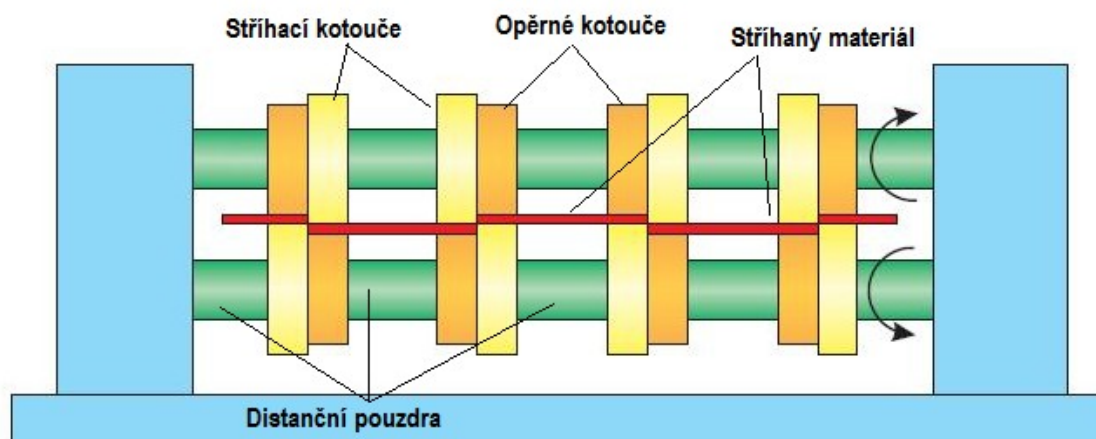
$$F_{skl} = \frac{\pi \cdot k_1 \cdot k}{4} \cdot \frac{s^2 \cdot R_{ms}}{tg\lambda} = (0,16 \div 0,5) \cdot \frac{s^2 \cdot R_{ms}}{tg\lambda} \quad [N] \quad (2.7)$$



Obr. 2.5 Ruční tabulové nůžky s nakloněnými noži

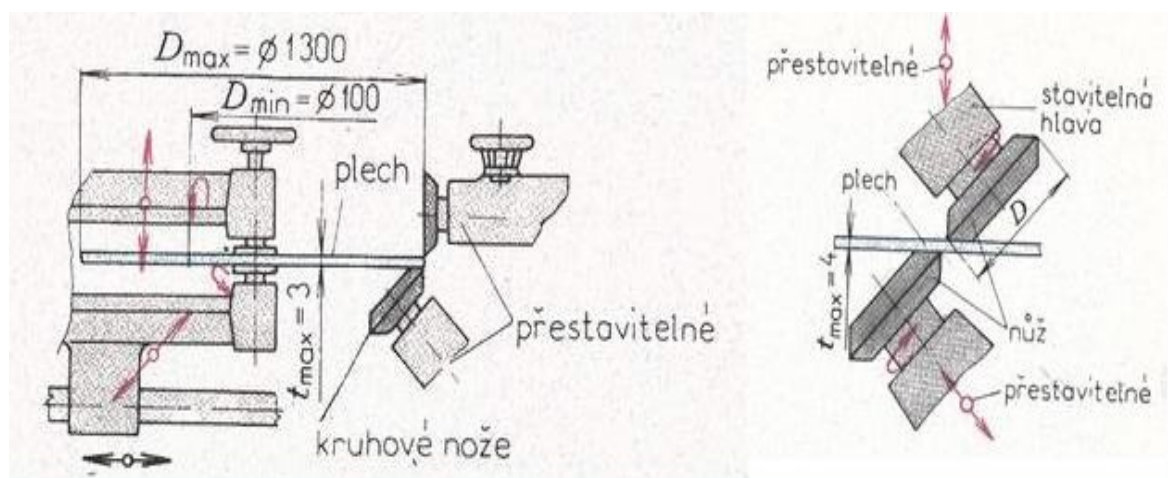
2.2 Stříhání kruhovými noži

Stříhání kruhovými neboli kotoučovými noži se používá hlavně při dělení dlouhých pásů v tomto případě z ocelových svitků. Střížným nástrojem jsou zde odvalující se kotouče nožů. U stříhu s kruhovými noži se výrazně snižují rázy, ale zároveň prodlužuje čas při stříhání



Obr. 2.6 Stříhání pásu plechu

Pro stříh libovolně zakřivených tvarů se používají kombinace dvoukružového a válcového nože. Jasnou výhodou je zde možnost skloněných os nástrojů. U křivkového stříhání volíme průměr nožů co nejmenší, proto abychom mohli stříhat tvarově velmi náročné součásti. Často je používána konstrukce dlouhých ramen, které nesou stříhací kotouče. Konstrukce dlouhých ramen zajišťuje snadnou manipulaci stříhaného materiálu. Velmi specifickým nástrojem jsou kmitací nůžky, tyto nůžky mají dvojí využití, a to na ostříhování výlisků a vystříhování drážek, či jiných děr.

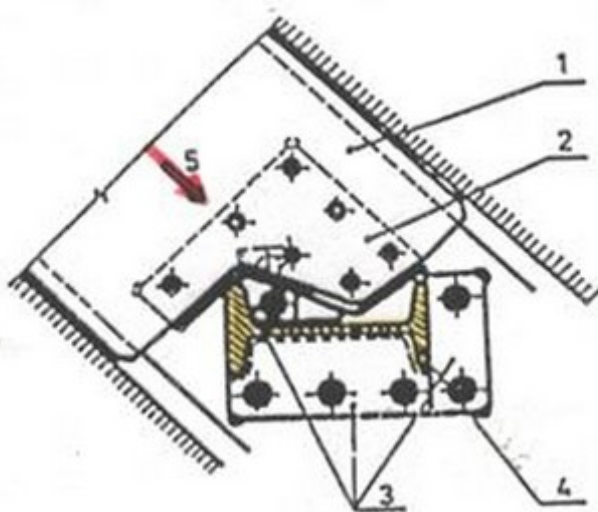


Obr. 2.7 Různé uspořádání křivkových nožů

2.3 Stříhání profilů, trubek a tyčí

Běžně se krom pásovin z plechu také stříhá materiál profilový, jako kruhový, čtvercový, profily I, U apod. Příčný průřez funkční části nástroje bývá většinou bez změn,

zatímco podélný tvar se mění s ohledem na účel stříhu.



Obr. 2.8 Nože ke stříhání profilu I

1 – střižník, 2 – pohyblivý nůž,

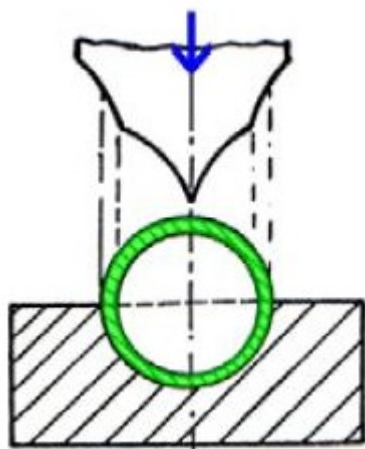
3 – pevný nůž,

4 – stříhaný profil,

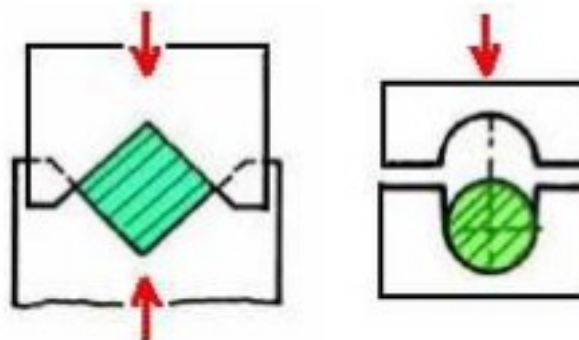
5 – směr pohybu nože

Platí taková zásada, že při jakémkoli stříhání profilového materiálu, by měla být přestřihovaná tloušťka v každém okamžiku stále téměř stejná. Dle této zásady je následně přizpůsobován obrys pohyblivého nástroje. Šikmým posuvem pohyblivé části nože (obr. 2.8) se docílí rovnoměrnějšího průběhu střižné síly v závislosti na velikosti zdvihu, než kdyby se volil pohyb nože podle některé z os průřezu.

V případě stříhání trubek (obr. 2.9) je pohyblivá část obloukového nástroje zakončena špičkou. Důvod to má jediný, zešpičatělá část nejprve trubku nejprve propíchne, boky nástroje poté trubku stříhají tak, že výslednice sil břitů směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti.



Obr. 2.9 Stříhání trubek



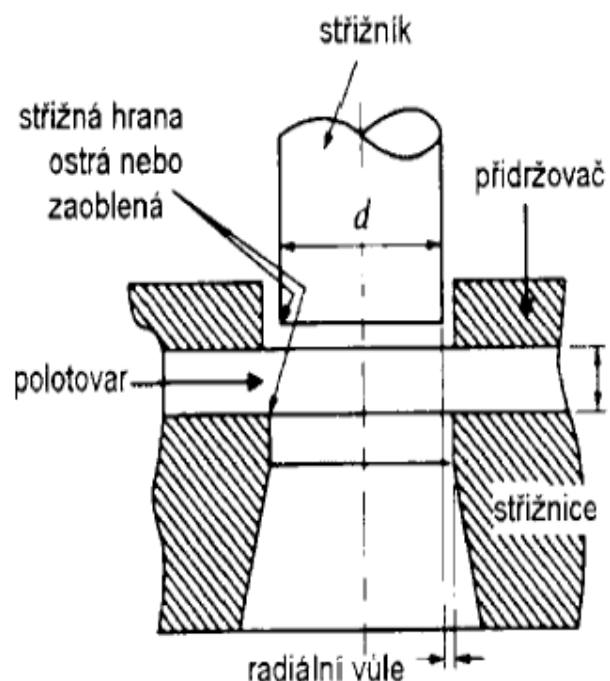
Obr. 2.10 Nože na kruhový a čtvercový materiál

2.4 Stříhání pomocí stříhadel

Stříhadlo je složeno ze dvou hlavních částí. První z nich je část pohyblivá, ta bývá upnuta pomocí stopky do beranu lisu, jedná se o **střížník**. Střížníky jsou funkční části střížného nástroje. Jedním z požadavků je tuhost střížníku, protože jsou namáhány na vzpěr. Vyrábějí se nejčastěji z nástrojových, uhlíkových či rychlořezných ocelí.

Druhou částí stříhadla je **střížnice**. Střížnice jsou jeho pevnou součástí, upnuty na stole lisu. Vyrábějí se z obdobných materiálů jako střížníky

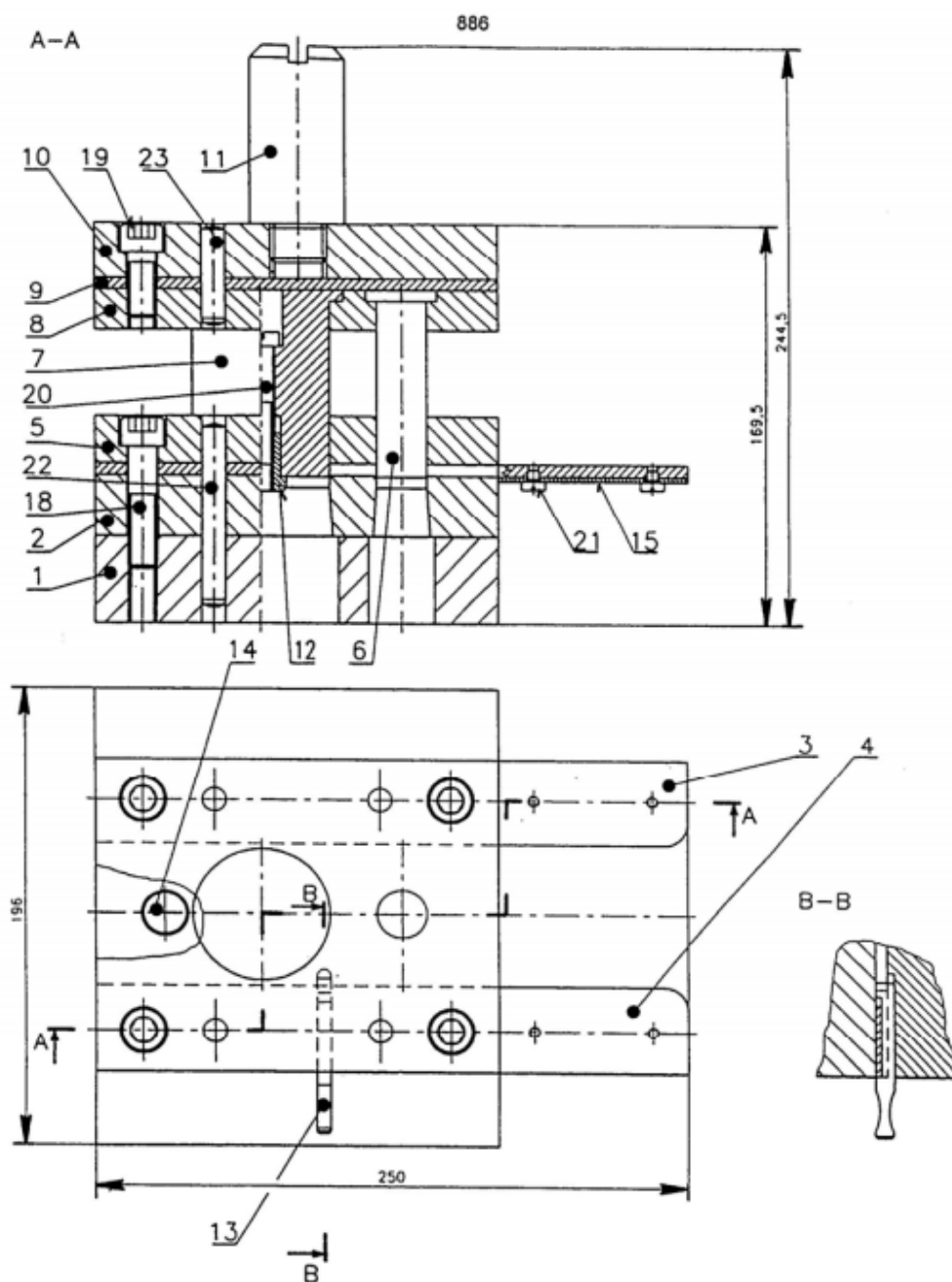
Stříhání ve stříhadlech patří k nejrozšířenějším způsobům výroby plechových součástí. Základní operace – vystřihování, děrování, nastřihování. Tato technologie slouží buďto na výrobu výstřižků určených k přímému použití, nebo k výrobě polotovarů, které se nadále zpracovávají.



Obr. 2.11 Jednoduché stříhadlo

Rozdělení stříhadel:

- **Jednoduchá** – jedna operace na jednom výstřižku na jeden zdvih.
- **Vícenásobná** – na jeden zdvih umožňují zhotovit větší počet stejných výstřižků.
- **Postupová** – jsou schopná provést několik operací na více zdvihů. Výlisek je podáván na různá pracovní místa nástroje a při poslední operaci vychází hotový produkt.
- **Sloučená** – umožňují vyrobit na jeden zdvih dvě i více rozdílných součástí.
- **Sdružená** – jedním zdvihem jsou prováděny na výstřižku různé operace, např. stříhání, tažení nebo ohýbání.

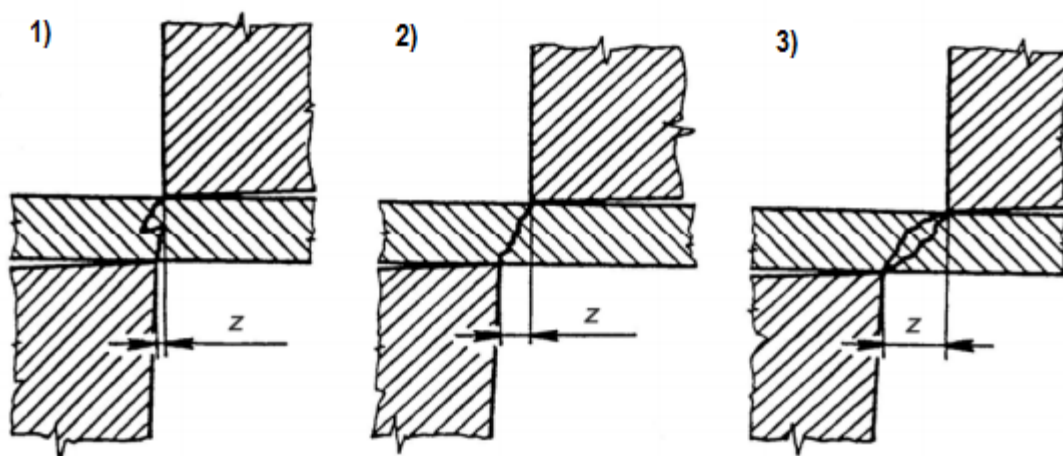


Obr. 2.12 Ukázka postupového stříhadla

1- základová deska, 2- střížnice, 3- vodící lišta, 4- vodící lišta, 5- vodící deska, 6- střížník, 7- střížník, 8- upínací deska, 9- opěrná vložka, 10- upínací hlavice, 11- stopka, 12- hledáček, 13- načínací doraz, 14- pevný doraz, 15- opěrný doraz, 18- spojovací šroub, 19- spojovací šroub upínací hlavice, 20- šroub hledáčku, 21- spojovací šroub vodící lišty, 22- montážní kolík střížnice, 23- montážní kolík upínací hlavice

2.4.1 Střížná vůle

Střížná vůle mezi střížníkem a střížnicí podstatně ovlivňuje jakost plochy stříhu, životnost nástroje i velikost střížné síly. Optimální zvolení střížné vůle zaručuje to, že trhliny vznikající při stříhu, se potkají, a tím dojde ke správnému smyku materiálu (obr. 2.12)



Obr. 2.12 Střížná vůle a její vliv na kvalitu střížné plochy

1- malá střížná vůle, 2- optimální střížná vůle, 3- velká střížná vůle

Velikost střížné vůle je odvíjena od druhu zvoleného materiálu a jeho tloušťce. Optimální střížnou vůli nazýváme takovou, která dosahuje kvalitní střížné plochy při nejnížší zvolené střížné síle. Obvykle se vůle pohybuje v rozmezí 3 až 20 % tloušťky materiálu.

Výpočet střížné vůle

a) tenké plechy do 3mm tloušťky

$$z = c \cdot s \cdot \sqrt{0,1 \cdot R_{ms}} \quad [mm] \quad (2.8)$$




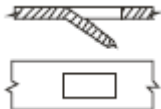

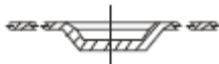



b) tlusté plechy tloušťky nad 3mm (do 10-12 mm)

$$z = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{0,1 \cdot R_{ms}} \quad [mm] \quad (2.9)$$

Kde je:	c	Koeficient závislý na druhu stříhání volí se v rozmezí 0,005 až 0,035	
		c = 0,005 kvalitní povrch	
		c = 0,035 minimální střížná síla	
	s	Tloušťka stříhaného plechu	mm
	R _{ms}	Pevnost materiálu ve stříhu	MPa

2.5 Souhrn střížných operací

Tab. 2.2 Druhy střížných operací

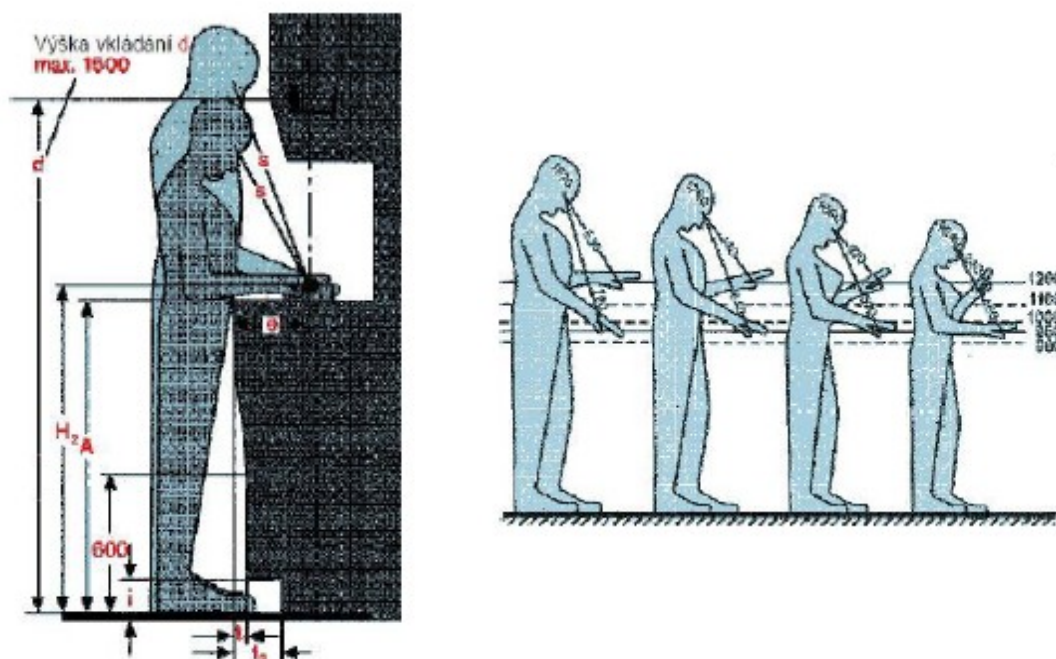
číslo	Název operace	Schéma operace	Popis operace
1	Prosté stříhání		Rozdělování materiálu nebo polotovarů na části
2	Vystřihování		Vystřížení tvaru z materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřižená část tvoří
3	Děrování		Prostřížení otvoru v materiálu nebo polotovaru. Vystřižená část tvoří odpad.
4	Prostřihování		Částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce
5	Prosekávání		Postupné prosekávání vnějších tvarů
6	Ostřihování		Oddělení nerovného nebo přebytečného kraje materiálu plochých nebo dutých součástí
7	Přistřihování		Dosažení přesných rozměrů součástí, hladkého a kolmého povrchu stříhu. (odstraněním přídatku materiálu)
8	Vysekávání		Oddělování součástí z nekovových materiálů podél uzavřené křivky na podložce
9	Přesné stříhání		Výroba přesných součástí s hladkou střížnou plochou

3. Požadavky a parametry přípravku

Cílem práce je vytvoření stříhacího přípravku. Jedná se o stoj, na kterém bude probíhat vysekávání definovaných otvorů do válcovaných profilů. Otvory mají jasně definovaný tvar i polohu (viz výkres v příloze ZIM0015-4)

Požadavky:

- 1.) Doba taktu – 47 s včetně manipulace, strojní čas 35 s včetně vyjmutí dílce
- 2.) Počet kusů za časovou jednotku – 76 ks/hod
- 3.) Pracoviště konstruovat pro stojící obsluhu
- 4.) Pracoviště se bude skládat z jednoho pevného nástroje – „nulový bod“ a soustavy nastavitelných nástrojů vůči němu
- 5.) Stanice musí mít zajištěný spolehlivý odvod odpadních výstřížků do připravené nádoby
- 6.) Zakládání dílce do stroje musí být pro operátora ergonomicky přijatelné (obr. 3.1)



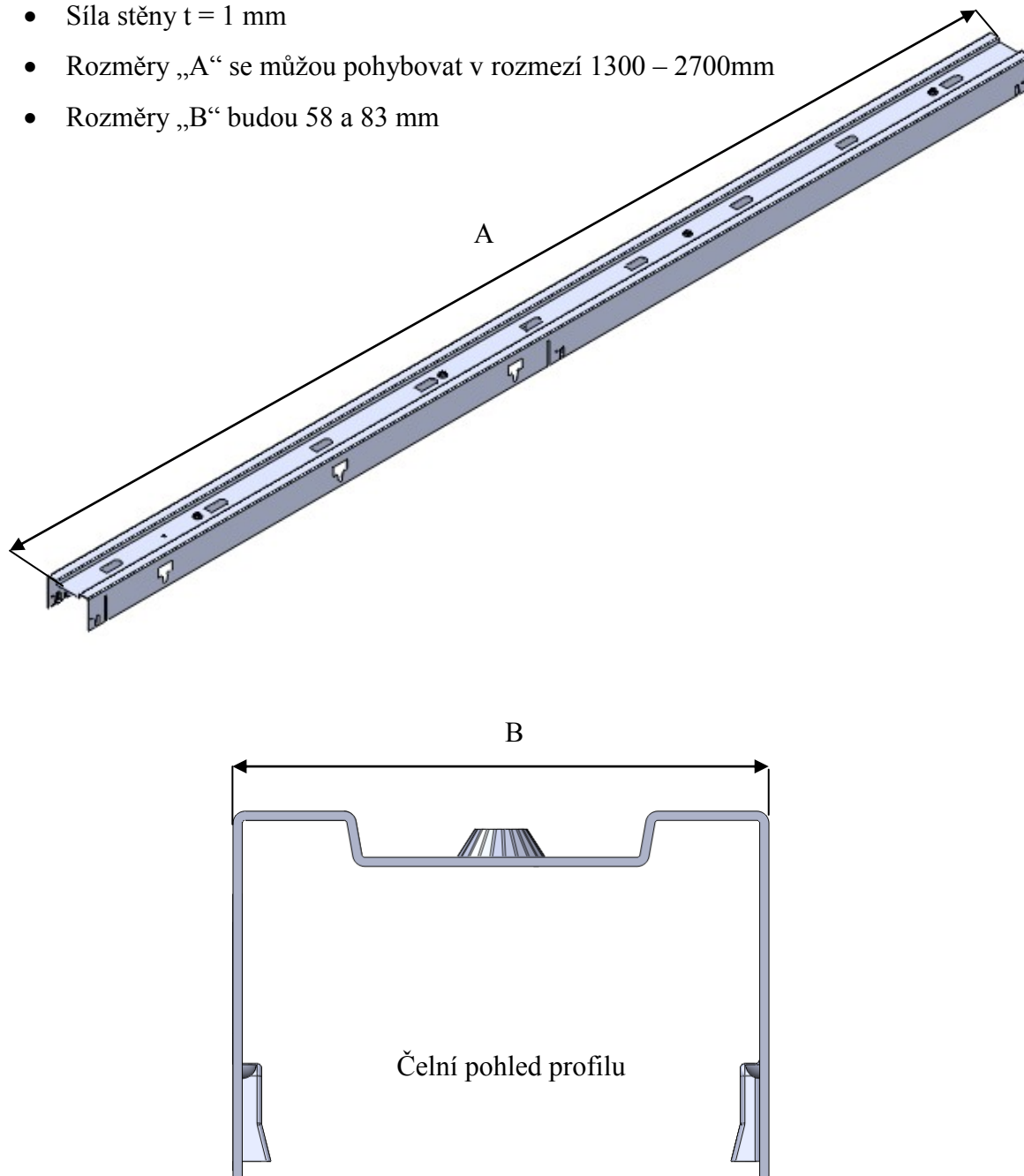
Obr. 3.1 Ergonomie pracoviště a pracovní výšky

Výška pracovní plochy A_1	9 – 1080 mm
Prostor pro chodidla i	min. 120 mm
Hloubka prostoru pro nohy t_1	min. 80 mm
Hloubka prostoru pro chodidla t_2	min. 150 mm

3.1 Stříhaný profil

Válcovaný profil je vyroben z pozinkovaného plechu DX51D+Z

- Pevnost v tahu $R_m = 500 \text{ MPa}$
- Síla stěny $t = 1 \text{ mm}$
- Rozměry „A“ se mohou pohybovat v rozmezí 1300 – 2700mm
- Rozměry „B“ budou 58 a 83 mm

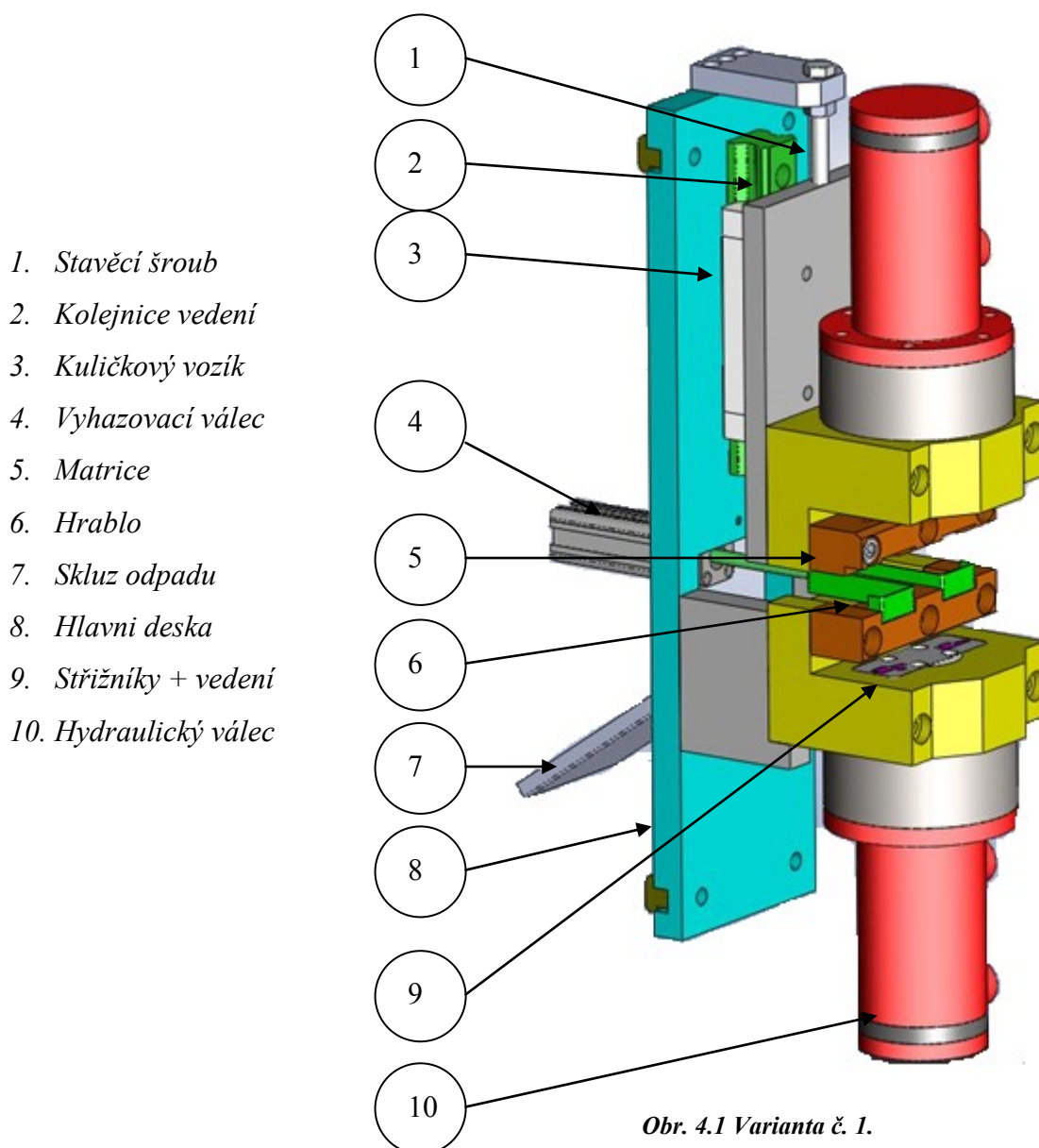


Obr. 3.2 Válcovaný profil

4. Rozvaha alternativních řešení konstrukce

4.1 Varianta č.1

Tato varianta stříhacího přípravku je vybavena možností polohování matrice. Kdy matrice spolu s hydraulickým válcem se pomocí stavěcího šroubu a lineárního vedení může libovolně posouvat v rámci dorazů. Spodní matrice je vždy napevno uchycena, bez možnosti posuvu. Stříhací nástroje jsou ovládány dvěma hydraulickými válci, třetí válec slouží k vyhazování výstřížků viz obr. 4.1



Obr. 4.1 Varianta č. 1.

Popis cyklu:

Vložení profilu do stříhadla a požadované polohy, čili aby profil byl správně doražen a nezkroucen. Ruční přidržení profilu obsluhou mimo střížné jednotky z důvodu bezpečnosti. Sešlápnutím pedálu, dojde k prostřížení a prolisování profilu ze spodní strany, při dosažení vysunutí polohy jde horní nástroj do stříhu. Po odstřížení pomocí horní části nástroje se horní nástroj okamžitě vrací zpět. Vystřížený odpad je nutno dostat pryč z místa mezi matricemi. Spodní střížník je stále vysunut, tak aby výstřižky byly nad spodní matricí, poté může vyhazovací hrablo stáhnout výstřižky do odpadu. Jakmile oba nástroje dosáhnou výchozí polohy (zasunuto) je možno hotový profil vyjmout a opakovat cyklus.

Výhody:

- Krátký zdvih zaručuje lepší pracovní časy.
- Cyklus probíhá na jedno vložení polotovaru.
- Možnost polohování – tato vlastnost zaručuje univerzálnost nastavení, bez nutnosti měnit matrice dle velikosti šířky profilu.

Nevýhody

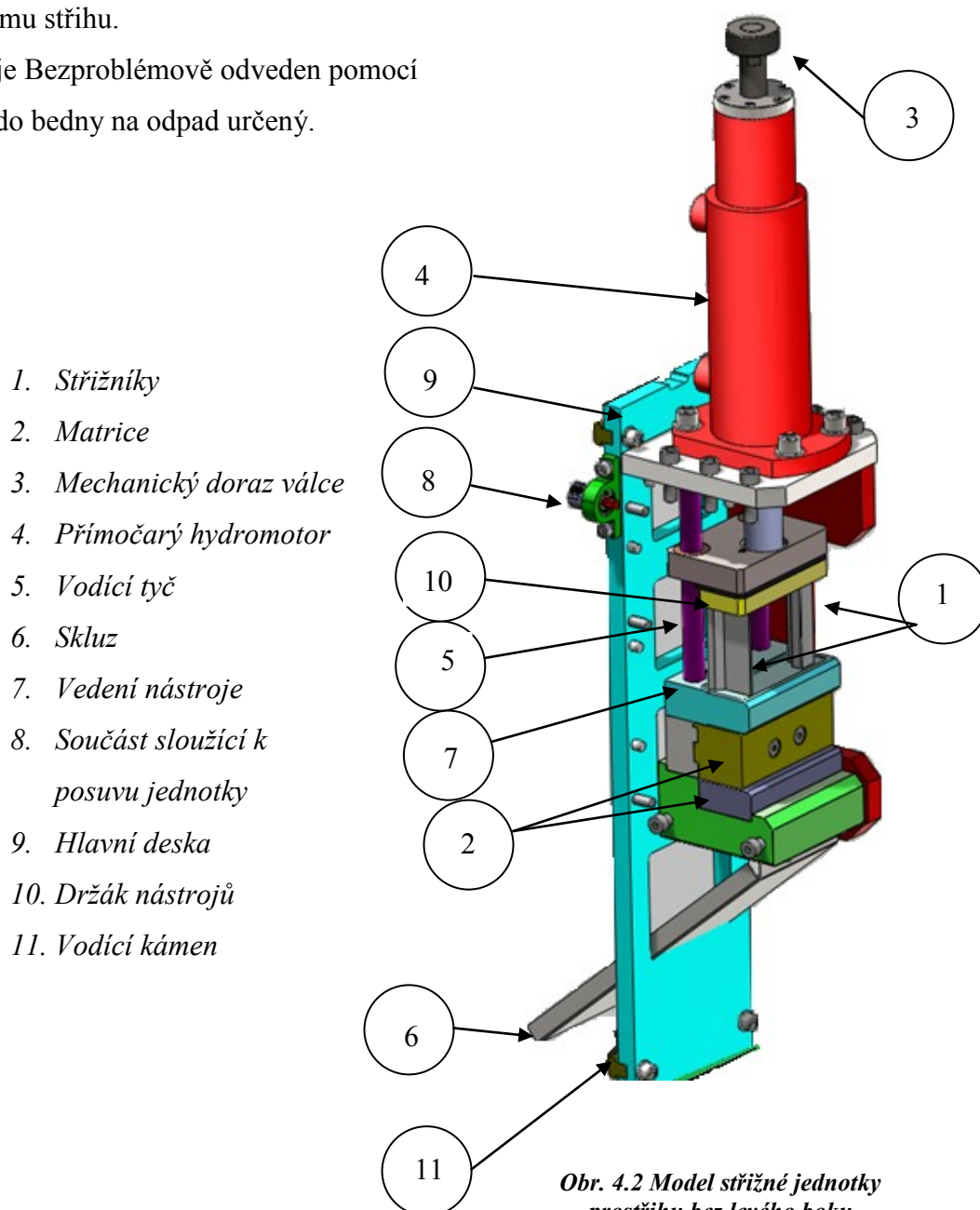
- Velmi složité nástroje – zkombinovat nástroj pro prostříh a prolis na jeden zdvih válce na relativně malém místě je dosti obtížné.
- Vyndávání profilu – po dokončení cyklu má profil prolisovanou část a ta je schovaná v matrici. Vytažení profilu by bylo možno pouze změnou rozteče matric. Což by vedlo k výraznému prodloužení pracovní doby cyklu, zmenšení tloušťky matric a její tuhosti.
- Spodní stříh – střížník musí vždy dopravit výstřižek nad matrici, tak aby hrablo bylo schopno jej bezproblémově odstranit, jestliže dojde k přebroušení střížníku, tak dojde k jeho zmenšení a výstřižek by se mohl při vyhazování hrablem zaseknout o matrici, tím pádem může dojít ke zničení hrabla, nebo k jeho neodstranění samotného odpadu, což by se odrazilo na zdelšení pracovního cyklu, z důvodů ručního odstraňování výstřižku.
- Tuhost matric – mezi matricemi je nutné mít dostatečný prostor pro hrablo, tento prostor ale výrazně zmenšuje tloušťku matrice, což má za následek její prohýbání viz **obr. 4.4**.

4.2 Varianta č.2

Tato varianta disponuje daleko tužší konstrukcí. Na obr. 4.2 je vidět že vedení nástroje bylo provedeno pomocí vodících tyčí. Vodící tyče zároveň slouží i jako čepy k zajištění přesné polohy jednotlivých dílů stříhacího přípravku.

Hlavním rozdílem oproti předchozí variantě je v tom, že pracovní cyklus je rozdělen na dvě části. První z nich je prostřih a až poté je realizován prolis. Další změna nastala ve způsobu stříhu. Ve variantě č.1 se o stříh starají dva přímočaré hydromotory, zde je stříh prováděn jen jedním. Střížník prostřihne obě stříhané plochy na jeden zdvih. Po stříhu horní plochy polotovaru je veden nástroj zároveň i odpad v jednodílné matici, a poté dojde k druhému stříhu.

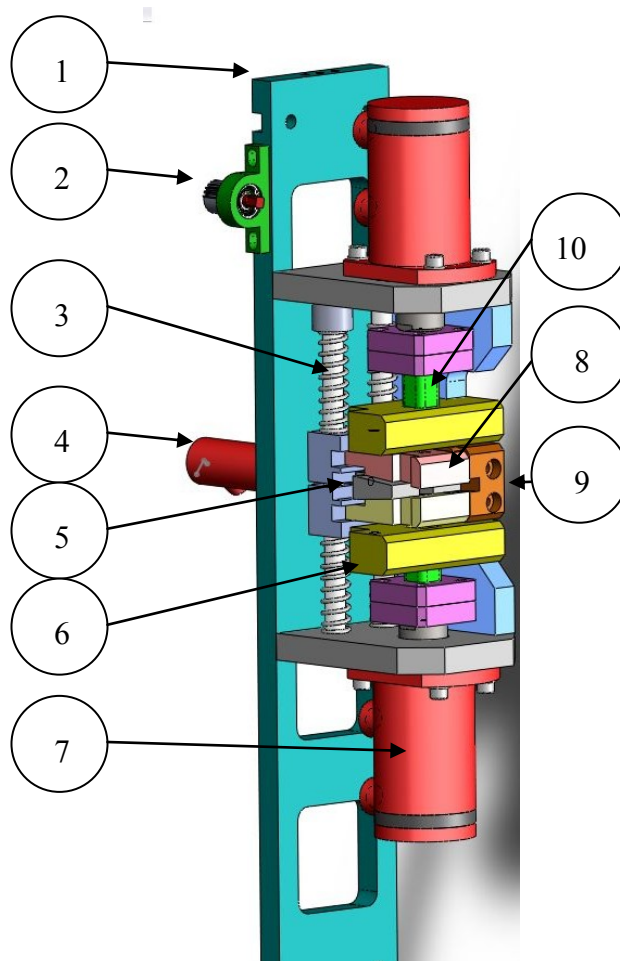
Odpad je Bezproblémově odveden pomocí skluzu do bedny na odpad určený.



Obr. 4.2 Model střížné jednotky
prostřihu bez levého boku

Druhou částí cyklu je prolis obr. 4.3. Potřebná změna rozteče matric, po provedení prolisu se uskuteční pomocí klínu poháněného hydraulickým válcem. Když je klín zasunut matrice jsou k sobě tlačeny pružinami, až se válec začne vysouvat, přemůže odpor pružin a matrice změni svou rozteč. Klín zaručí dostatečné podložení matrice, tudíž se nemusíme bát prohybu jako u první varianty.

1. Základní deska
2. Součást zajišťující posuv
3. Pružina
4. Válec klínu
5. Roztažný klín
6. Vedení nástroje
7. Válec prolisu
8. Matrice
9. Vedení matrice
10. Nástroj



Popis cyklu:

Chod je obdobný jako u variantyč.1. V první řadě vložíme C profil do stroje a dotlačíme k dorazům. Poté se sešlápne pedál, čímž dojde k prostříhnutí. Jakmile nástroj prostříhne stříhaný materiál, vrátí se do původní polohy. Přesuneme Stříhaný profil na druhý doraz, opět sešlápne pedál. Prolis také rozdělen na dva takty, zaprvé dojde k vysunutí klínu a tím se zvětší rozteč matric na rozměr profilu. Klín je stále vysunut a dochází k prolisu. Nástroje prolisu se vrátí do původní polohy, teprve pak zajede klín zpět, matrice jsou k sobě tlačeny pružinami, což má za následek chtěné zmenšení rozteče matric.

Výhody:

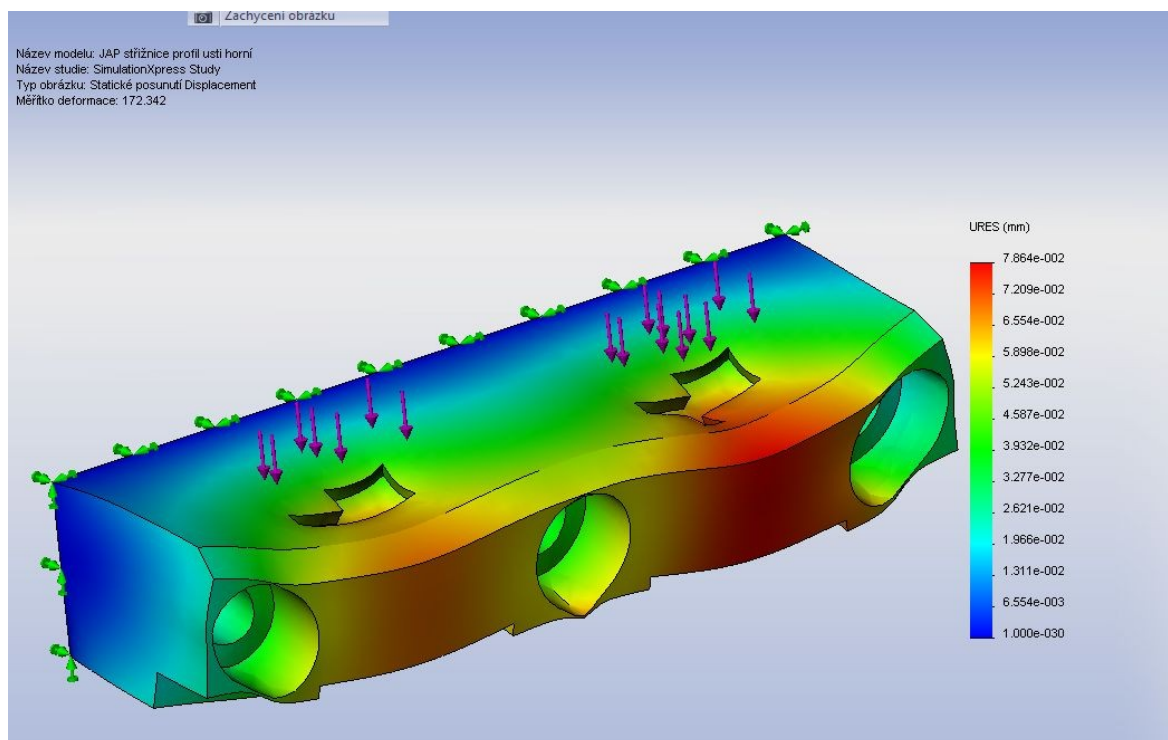
- Tuhá konstrukce – při stříhu dochází k rázům, tato konstrukce je odolnější, než ta v prvním variantě
- Poměrně jednoduché nástroje oproti první variantě

Nevýhody:

- Cyklus neprobíhá najednou – zde je nutnost cyklus rozdělit
- Nastavení rozteče - při změně šířky profilu je nutno v této variantě vyměnit matrici za jiný požadovaný rozměr. V případě prolisu se jedná o výměnu vodících kostek a rozpěrného klínu.
- Zvýšení hmotnosti - tužší konstrukce má za následek zvýšení hmotnosti v tomto případě je nárůst oproti první variantě téměř 50%.

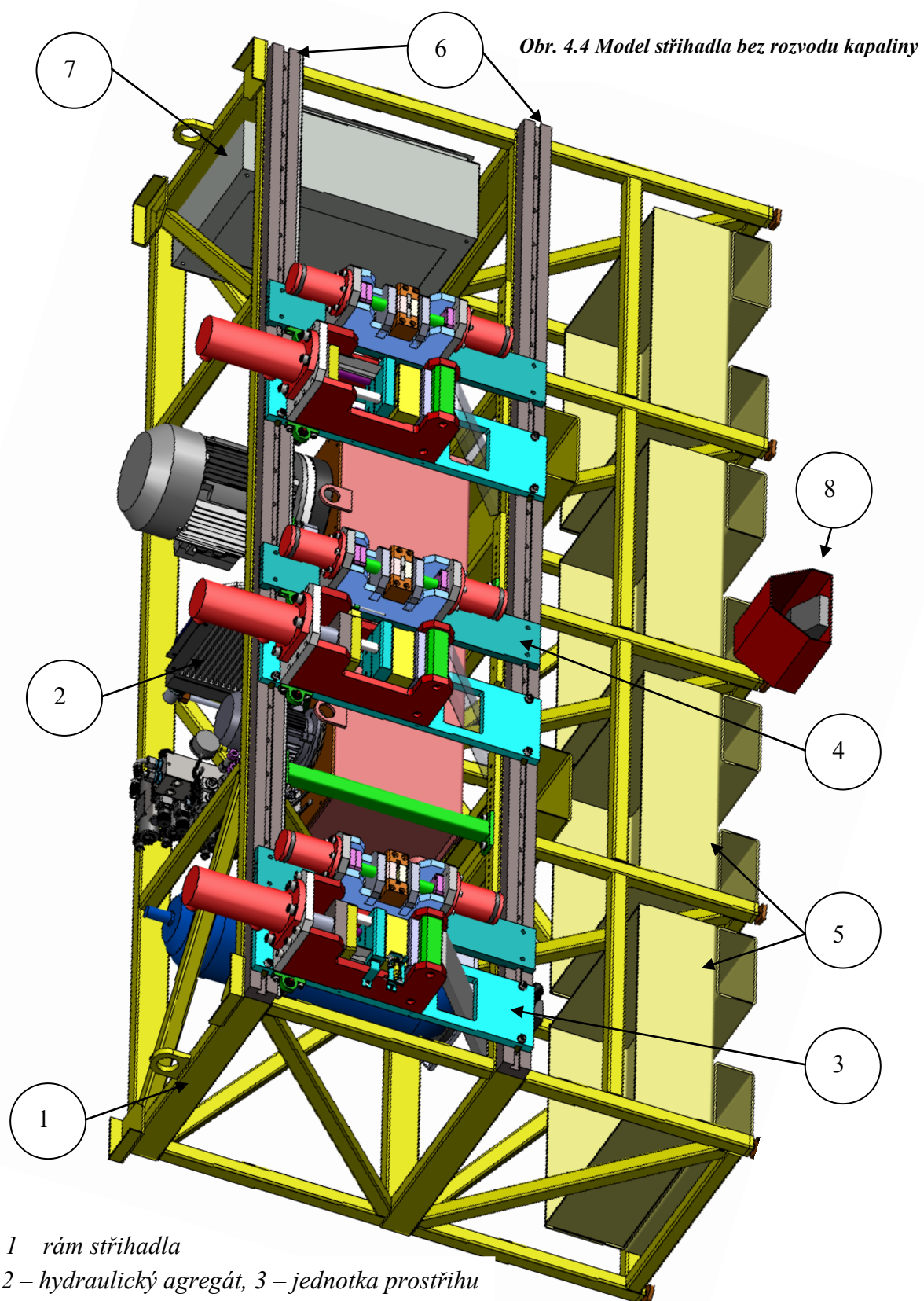
4.3 Výběr vhodné varianty:

Volím variantu č. 2. Obr. 4.4 je jasným důvodem mé volby. Bohužel do prostoru mezi stěnami profilu C není možno vložit dvě matrice (varianta č.1), tak aby byly dostatečně tuhé. Dalším důvodem je spodní stříh a vyhazování odpadu, zde se může výstřížek nekontrolovatelně vzpříčit a poničit některou z částí stříhadla.

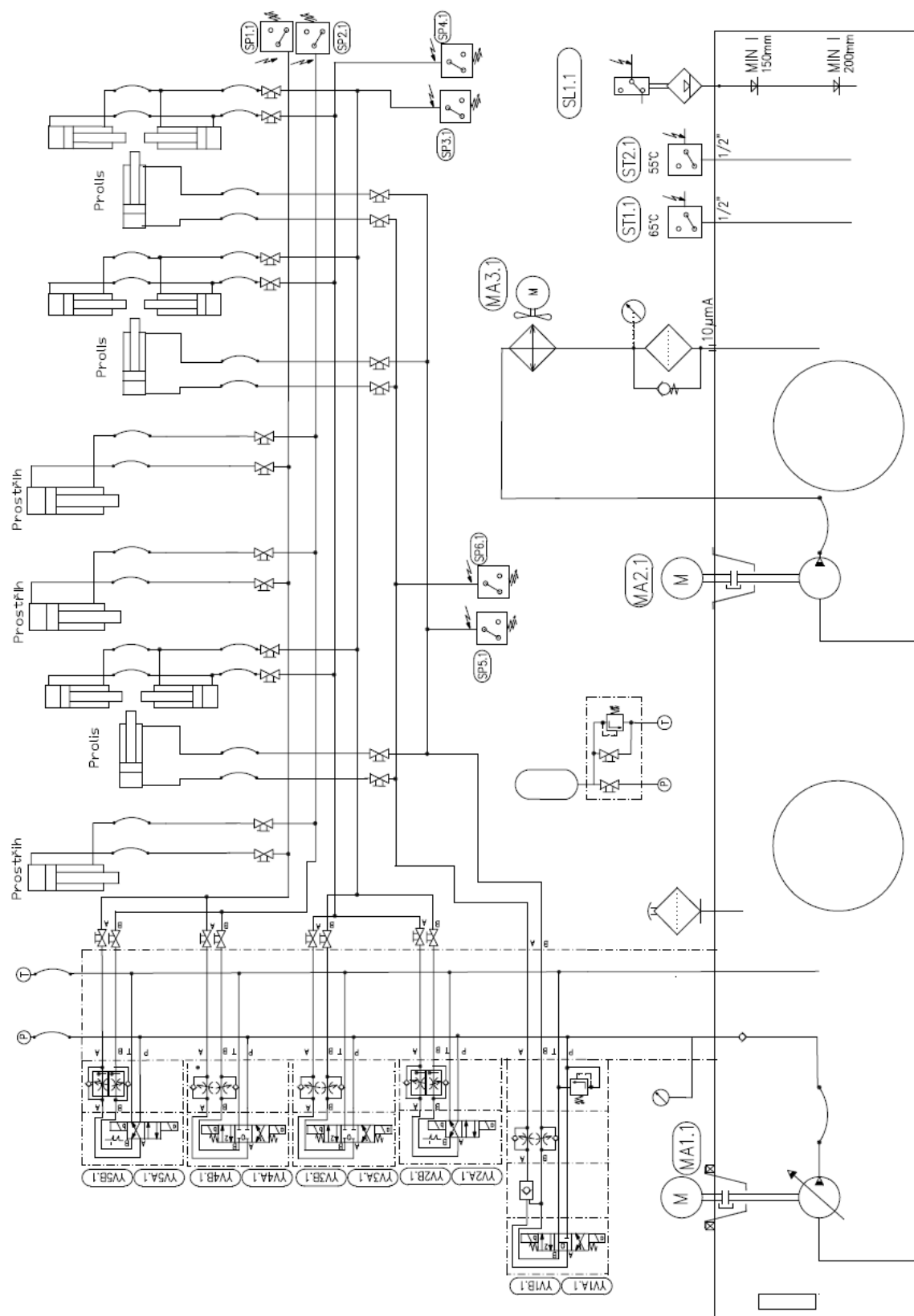


Obr. 4.4 Matrice testovaná pomocí MKP

4.4 Kompletní model stříhadla



5. Zvolený hydraulický obvod (viz přílohy)



Obr. 5.1 Hydraulický obvod

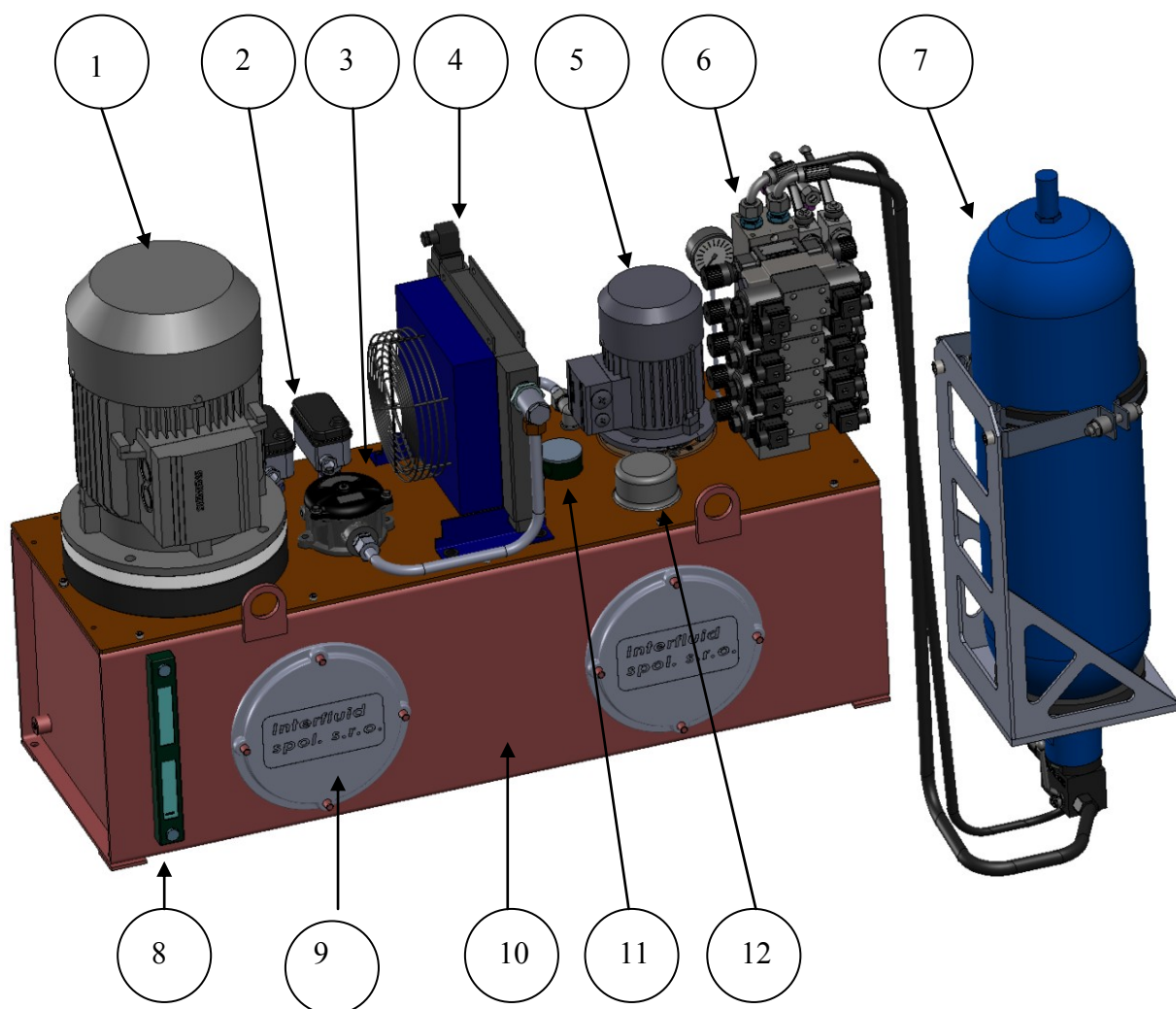
Ze schématu obr. 5.1 je zřejmé, že pro pohon hydraulického systému jsem použil regulační hydrogenerátor v kombinaci s akumulátorem a klasickou řídicí technikou. Akumulátor zajišťuje pokrytí nerovnoměrného odběru kapaliny několika různých přímočarých hydromotorů s odlišnými objemy.

Regulační hydrogenerátor s regulací na konstantní tlak je hlavním zdrojem tlakové energie, celého hydraulického systému. Jeho funkcí je také plnění akumulátoru. Akumulátor je vybaven pojistným blokem, pro případné bezpečnostní odlehčení. Hlavní výhodou regulačního hydrogenerátoru je nepotřeba odlehčovacího ventilu, hydrogenerátor při nekonání práce drží tlak na požadované hladině a nemaří přitom větší množství energie, pokrývá jen své vlastní ztráty.

Druhý hydrogenerátor slouží k by-pásové filtraci, díky ní je zabezpečeno neustálé pročišťování kapaliny. Tohle řešení jsem zvolil, protože hlavní obvod nezajišťuje dostatečnou cirkulaci kapaliny. Na by-pásovou větev je také napojen chladič pro případné snížení teploty.

Řízení pracovních válců pro stříh a prolis je zajištěno dvupolohovými rozvaděči s aretací a škrtícími ventily s regulací teploty a obtokem. Zvolil jsem škrcení průtoku na výstupu, aby nedocházelo k rázům při prostřihu a průběh vysunutí byl spojitější. Tři polohové rozvaděče s uzavřeným středem a škrtící ventily s obtokem slouží k seřizování jednotlivých stříhacích přípravků po uzavření potřebných kulových ventilů. Klín prolisu je ovládán třípolohovým rozvaděčem s Y středem, klín je po vysunutí zajištěn hydraulickým zámkem. Změnu směru hydromotorů zajišťují tlakové spínače, které při překonání určitého tlaku přenou šoupátko rozvaděče

Celý hydraulický systém je pak hlídán pojistným ventilem, který je nastaven na určitý tlak. Teplota kapaliny je hlídána termostaty, jeden z nich po překročení první meze teploty sepne ventilátor chladiče, překročením druhé meze je agregát vypnut. Objem kapaliny v nádrži je snímám hladinoměrem. Pokud kapalina klesne pod určitou hodnotu, signál vypne celý agregát.



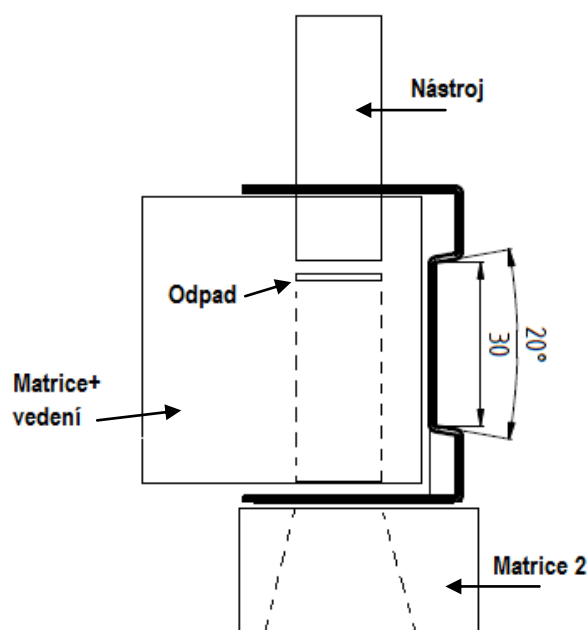
Obr. 5.2 Model hydraulického agregátu

1,5 – elektromotor, 2 – termostat, 3 – odpadní filtr, 4 – chladič, 6 – blok s ventily a manometrem, 7 – akumulátor s pojistným blokem, 8 - optický stavoznak, 9 – víko, 10 – nádrž, 11 – hladinoměr, 12 – vzduchový filtr

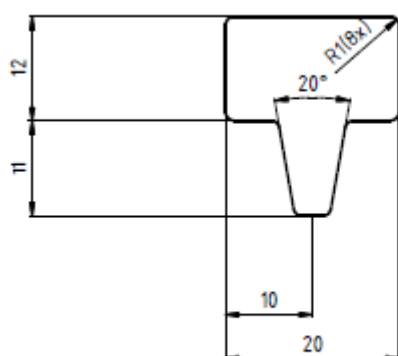
6. Jednotlivé výpočty + návrhy prvků:

6.1 Určení střížné síly F_s :

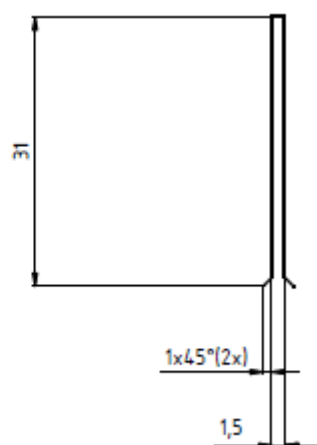
Stříhání bude probíhat rovnými noži, kvůli průchodu střížníku a odpadu k druhé stříhané stěně obr. 6.1. V případě použití šikého nože může dojít ke skroucení odpadu, což by mohlo mít za následek nepříznivé vlivy při druhém stříhu.



Obr. 6.1 Schéma stříhu



Obr. 6.2 Rozměry stříhaných otvorů

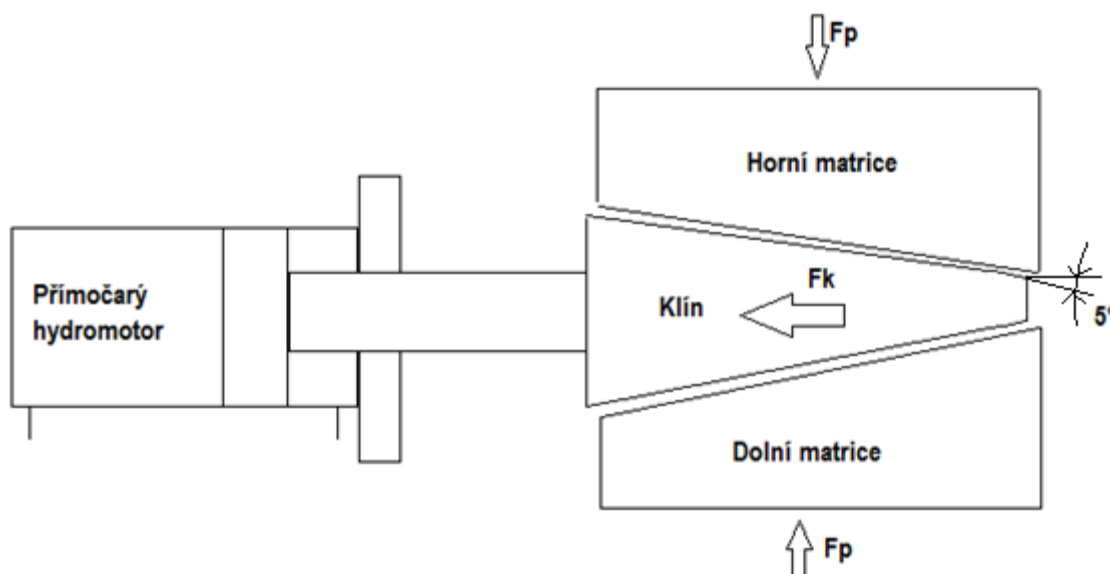


$$F_s = l \cdot s \cdot R_m \cdot 0,8 = 140 \cdot 1 \cdot 500 \cdot 0,8 = 56000 \text{ N} \quad (6.1)$$

Kde je:	l	délka stříhu	mm
	s	tloušťka stěny	mm
	R_m	pevnost materiálu	MPa

Střížnou sílu volím $F_s = 90000 \text{ N}$. Tohle navýšení mi zaručí pokrytí nárůstu síly při stříhu spodní stěny profilu a případné otupení nástroje.

6.2 Určení působící síly F_k klínu na hydromotor.



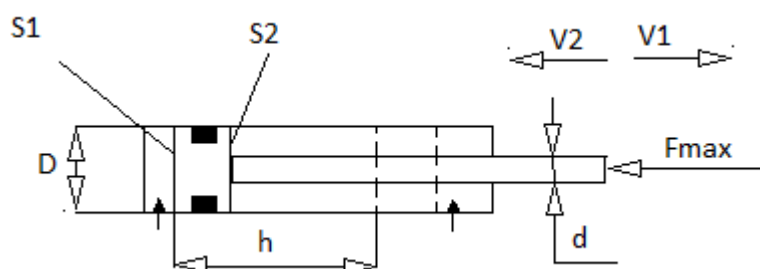
Obr. 6.3 Schéma roztahování matric

Sílu uvažuji i s působením pružin a bez tření mezi jednotlivými plochami, pro rezervu při návrhu pístu válce.

$$F_k = (F_p \cdot \sin 5) \cdot 2 = (50000 \cdot \sin 5) \cdot 2 = \mathbf{8712,5\,N} \quad (6.3)$$

6.3 Určení parametrů PHM

Tlak v celém systému bude s ohledem na ztráty nastaven na $p_g = 20\text{ MPa}$. Pracovní tlak p_p volím 18 MPa .



Obr. 6.4 Schéma PHM

- Plocha pístu – prostřih

$$S_p = \frac{F_s}{p_p} = \frac{90000}{18 \cdot 10^6} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (6.4)$$

- Průměr pístu – prostřih**

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot S_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0,0798 \text{ m} = 79,8 \text{ mm} \quad (6.5)$$

Parametry PHM - prostřih

Průměr pístu- D_p	80 mm
Průměr pístnice- d_p	45 mm
Zdvih- h_p	125 mm
Nominální tlak- p	20 MPa
Max. rychlost	0,5 m/s

- Plocha pístu – prolis**

$$S_{pl} = \frac{F_p}{p_p} = \frac{50000}{18 \cdot 10^6} = 2,777 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (6.6)$$

Kde je: F_p síla prolisu určená na 50 000 N včetně působení pružin.

- Průměr pístu – prolis**

$$D_{pl} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{pl}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,777 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0,0595 \text{ m} = 59,5 \text{ mm} \quad (6.7)$$

Parametry PHM - prolis

Průměr pístu- D_{pl}	63 mm
Průměr pístnice- d_{pl}	36 mm
Zdvih- h_{pl}	20 mm
Jmenovitý tlak- p	20 MPa
Max. rychlost	0,5 m/s

- **Plocha pístu – klín**

$$S_k = \frac{F_k}{p_p} = \frac{8712,5}{18 \cdot 10^6} = 4,84 \cdot 10^{-4} m^2 \quad (6.8)$$

- **Průměr pístu – klín**

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot S_k}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,84 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0,024 m = 24 mm \quad (6.9)$$

Parametry PHM - prolis

Průměr pístu- D_k	25 mm
Průměr pístnice- d_k	12 mm
Zdvih- h_k	40 mm
Nominální tlak- p	20 MPa
Max. rychlost	0,5 m/s

- **Objemy, čas vysunutí/zasunutí PHM**

$$V = S \cdot h \quad [m^3] \quad (6.10)$$

Kde je:	S	Plocha pístu / pístnic	m^2
	h	Zdvih PHM	m

Ze vzorce uvedeného výše dopočítám objemy PHM, jak ze strany pístu tak pístnice viz tab. 6.1. Objemy v tabulce jsou již pro konečný počet PHM. Časy určím.

	Strana pístu		Strana pístnice	
	Objem V_D [dm^3]	Vysunutí t_1 [s]	Objem V_d [dm^3]	Zasunutí t_2 [s]
Prostřih	1,9	4	1,29	4
Prolis	0,4	4	0,25	3
Klín	0,06	2	0,045	1

Tab. 6.1 Objemy a doby vysunutí PHM

- **Určení průtoků**

$$Q = V \cdot t \quad [m^3/s] \quad (6.11)$$

- **Výpočet rychlosti**

$$v = \frac{Q}{S} \quad [m/s] \quad (6.12)$$

Vypočítané průtoky pro konečný počet PHM a rychlosti zasunutí / vysunutí jednotlivých PHM cyklů jsou v tab. 6.2

	Vysouvání		Zasouvání	
	Průtok Q_1 [dm ³ /min]	rychlost v_1 [m/s]	Průtok Q_2 [dm ³ /min]	Rychlost v_2 [m/s]
Prostřih	28,5	0,0315	19,35	0,0461
Prolis	6	0,0534	5	0,00794
Klín	1,8	0,0204	2,7	0,0265

Tab. 6.2 Průtok a rychlost vysouvání / zasouvání

6.4 Návrh pohonné jednotky

6.4.1 Návrh hydrogenerátoru

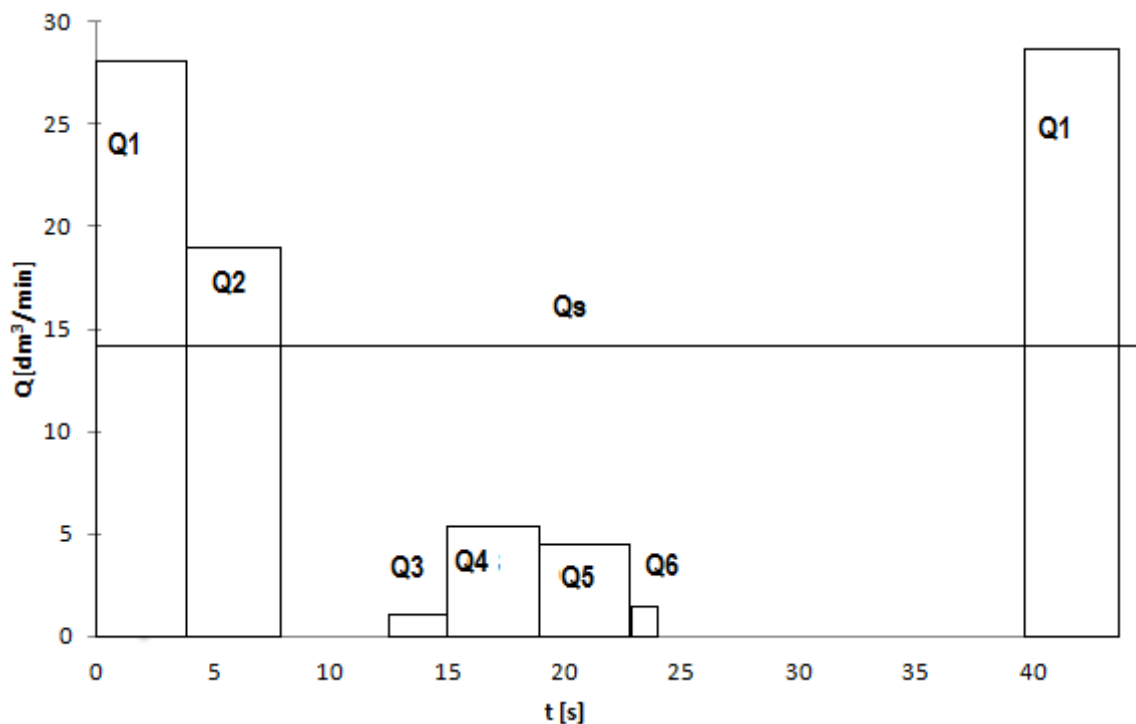
Jelikož se jedná a nerovnoměrný, přesto periodický odběr volím hydrogenerátor s průtokem Q_s . Odběrový diagram obr. 6.5.

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i}{T_c} = \frac{28,5 \cdot 4 + 19,35 \cdot 4 + 1,8 \cdot 2 + 6 \cdot 4 + 2,7 \cdot 3 + 5 \cdot 1}{40} \quad (6.13)$$

$$= 5,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Kde je:	Q_i	Jednotlivý průtok	dm ³ .min ⁻¹
	t_i	Doba odběru průtoků	s
	T_c	Celková doba cyklu	s

Není zřejmé, jestli se v průběhu výroby bude zrychlovat výrobní cyklus, proto volím větší hodnotu $Q_s = 14.5 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$



Obr. 6.5 Odběrový diagram

$Q1$ – prostřih vysunutí, $Q2$ – prostřih zasunutí, $Q3$ – klín vysunutí, $Q4$ – prolis vysunutí,
 $Q5$ – prolis zasunutí, $Q6$ – klín zasunutí

- Geometrický objem hydrogenerátoru V_g

$$V_g = \frac{Q_s}{n_e} = \frac{14,5}{1450} = 0,01 \text{ dm}^3 = 10 \text{ cm}^3 \quad (6.14)$$

Kde je: n_e Otáčky elektromotoru $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Volím pístový regulační hydrogenerátor s měnitelným geometrickým objemem a regulací na konstantní tlak fy **YUKEN: A3H 16-FR01KK-1080**

Parametry:

- Geometrický objem $V_g = 8 - 16 \text{ cm}^3/\text{ot}$
- Jmenovitý tlak $p = 28 \text{ MPa}$
- Pracovní viskozita $\nu = 20 - 200 \text{ mm}^2/\text{s}$



Obr. 6.6 Hydrogenerátor typ A3H

6.4.2 Výkon elektromotoru

$$P_e = \frac{p_g \cdot Q_s}{60} = \frac{20 \cdot 14,5}{60} = 4,8 \text{ kW} \quad (6.15)$$

Volím trojfázový asynchronní elektromotor fy **AC Motoren – FCA – 132 S – 4 / HE**

- Výkon $P_e = 5.5 \text{ kW}$
- Otáčky $n_e = 1450 \text{ ot/min}$
- Příruba IMB 5

6.5 Návrh akumulátoru

Maximální tlak $p_2 = 20 \text{ MPa}$

Minimální tlak $p_1 = 15 \text{ MPa}$

- **Užitečný objem**

$$\Delta V = (Q_{max} - Q_s) \cdot t_{max} = (28,5 - 14,5) \cdot \frac{4}{60} = 0,933 \text{ dm}^3 \quad (6.16)$$

- **Poměr tlaku**

$$p_{pom} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{20}{15} = 1,3333 \quad (6.17)$$

- **Pokles tlaku**

$$p_{pokles} = \frac{p_2 - p_1}{p_1} \cdot 100 = \frac{20 - 15}{15} \cdot 100 = 33,333\% \quad (6.18)$$

- **Plnicí tlak**

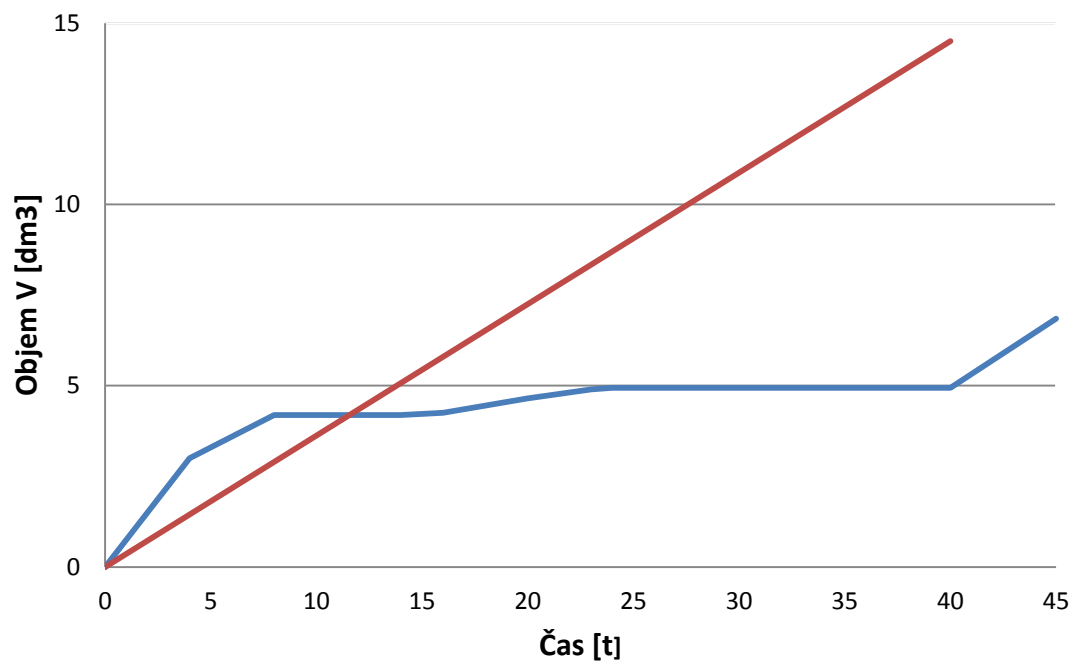
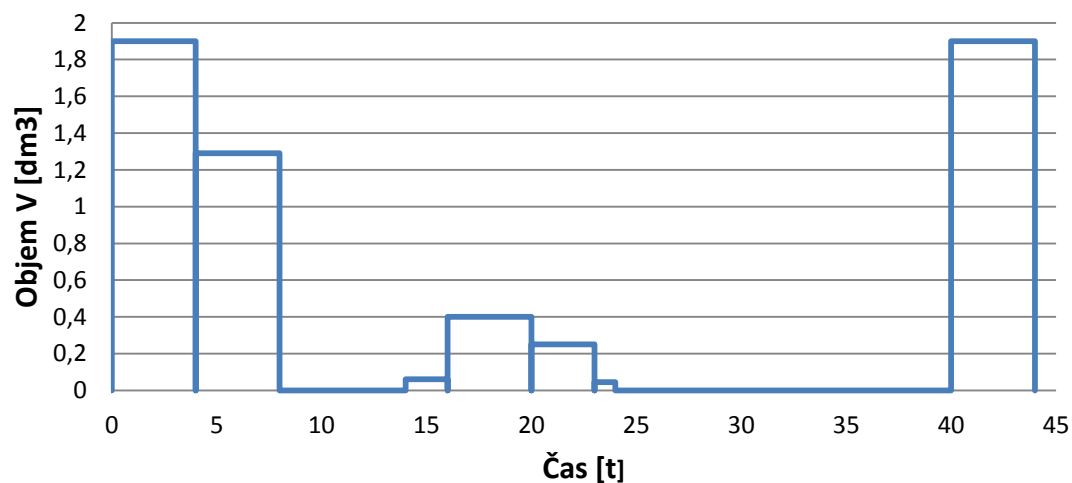
$$p_0 = 0,9 \cdot p_1 = 0,9 \cdot 15 = 13,5 \text{ MPa} \quad (6.19)$$

- Objem akumulátoru

$$V_1 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}}} = \frac{0,933}{\left(\frac{13,5}{15}\right)^{\frac{1}{1,4}} - \left(\frac{13,5}{20}\right)^{\frac{1}{1,4}}} = 5,5 \text{ dm}^3 \quad (6.20)$$

Volím deseti litrový akumulátor

V-t diagram



Obr. 6.7 Odběrový diagram

6.6 Návrh chladiče

Od společnosti Interfluid jsem použil program na výpočet chlazení. Médium v hydraulickém systému volím Paramo HV 46, ten odpovídá viskózní třídě ISO VG 46. Sekundární hydrogenerátor zanedbávám z důvodů nízkého tlaku.

K_{Sc} - Počet čerpadel	[ks]	1
V_N - Velikost nádrže	[dm ³]	100
t_o - Teplota okolí	[C]	30
p - Pracovní tlak	[MPa]	20
Q – Průtok	[dm ³ /min]	14.5
f_{č1} - Časový faktor čerpadla	[0-1]	0.6
S_N - povrch nádrže a potrubí	[m ²]	1.85
K_č - součinitel prostupu tepla	[W/m ² /C]	8
t_{o1} - Ustálená teplota oleje max.	[C]	60
Ustálená teplota oleje min	C	55
p_{pr} - Tlak spád na prvcích	[MPa]	0.5
f_{č2} - Časový faktor prvků	[0-1]	1
K_{sp} - Počet prvků	[ks]	6
∅_v - Teplo přiváděné z venku	[kW]	0
η_G - Účinnost čerpadla průtoková	[-]	0.9
m_k - Hmotnost kovových částí	kg	300
C₁ - Měrné skupenské teplo kovu	J/Kg*K	450
C - Měrné skupenské teplo kap.	J/Kg*K	1800
ρ - Hustota kapaliny	k/m ³	890
t₀₁ - Počáteční teplota oleje	C	30
T - ČASOVÁ KONSTANTA	s	19945.95
Q₁ - Velikost lekáže	[dm ³ /min]	1.45
∅_{HG} - Teplo z provozu HG	[kW]	0.290
∅_P - Teplo přivedené prvky	[kW]	0.73
∅_Z - Celkový ztrátový výkon	[kW]	1.02
t_u - Ustálená teplota	[C]	98.6
∅_N - Teplo odvedené nádrží	[kW]	0.444
∅_{CH} - Chlazený výkon	[kW]	0.57
T_o - Doba ohřátí oleje na teplotu 60°C	[min]	191.2

Tab. 6.3 Výpočet pomocí programu fy Interfluid

Použité vzorce:

- Časová konstanta

$$T = \frac{m_k \cdot c_1 + V_{nádrž} \cdot c \cdot \rho}{k_{\xi} \cdot S_{nádrž}} = \frac{300 \cdot 450 + 0,1 \cdot 1800 \cdot 890}{8 \cdot 1,85} = 19945 \text{ s} \quad (6.21)$$

- Velikost lekáže

$$Q_l = k_{s_c} \cdot Q \cdot (1 - n_G)$$

$$Q_l = 1 \cdot 2,41 \cdot 10^{-5} \cdot (1 - 0,9) \quad (6.22)$$

$$Q_l = 2,42 \cdot 10^{-5} m^3 \cdot s^{-1} = 1,45 dm^3 \cdot min^{-1}$$

- Teplo z provozu hydrogenerátoru

$$\Phi_{HG} = k_{s_c} \cdot Q_l \cdot p \cdot f_{c1}$$

$$\Phi_{HG} = 1 \cdot 2,41 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 0,6 \quad (6.23)$$

$$\Phi_{HG} = 289 W = 0,290 kW$$

- Teplo přivedené prvky

$$\Phi_P = k_{s_p} \cdot Q \cdot p_{pr} \cdot f_{c2}$$

$$\Phi_P = 6 \cdot 2,41 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 1 \quad (6.24)$$

$$\Phi_P = 731 W = 0,73 kW$$

- Celkový ztrátový tepelný výkon

$$\Phi_Z = \Phi_{HG} + \Phi_P + \Phi_v$$

$$\Phi_Z = 290 + 731 + 0 \quad (6.25)$$

$$\Phi_Z = 1021 W = 1,02 kW$$

- Ustálená teplota

$$t_u = \frac{\Phi_z}{S_{nadrz} \cdot k_c} + t_o$$
$$t_u = \frac{1021}{1,85 \cdot 8} + 30 = 98,6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6.26)$$

- Teplo odevzdané nádrží

$$\Phi_N = (t_{olej} - t_o) \cdot k_c \cdot S_{nadrz}$$
$$\Phi_N = (60 - 30) \cdot 8 \cdot 1,85$$
$$\Phi_N = 444 \text{ W} = 0,444 \text{ kW} \quad (6.27)$$

- Potřebný výkon chladiče

$$\Phi_c = \Phi_z - \Phi_N$$
$$\Phi_c = 1021 - 444$$
$$\Phi_c = 577 \text{ W} = 0,57 \text{ kW} \quad (6.28)$$

- Doba ohřátí oleje na 60 °C

$$\tau_o = T \cdot \ln \cdot \frac{t_u - t_{o1}}{t_u - t_{olej}}$$
$$\tau_o = 19945,95 \cdot \ln \cdot \frac{98,6 - 30}{98,6 - 60} \quad (6.29)$$
$$\tau_o = 11469,7 \text{ s} = 191,2 \text{ min}$$

čas	čas T [s]	teplota t [°C]
0	0	30
0,1.T	1994.5946	36.5585
0,2.T	3989.1892	42.4928
0,3.T	5983.7838	47.8625
0,5.T	9972.973	57.1175
0,7.T	13962.162	64.6947
T	19945.946	73.565
2T	39891.892	89.5917
3T	59837.838	95.4876
XT	105000	98.65

Tab. 6.4 Průběh oteplování

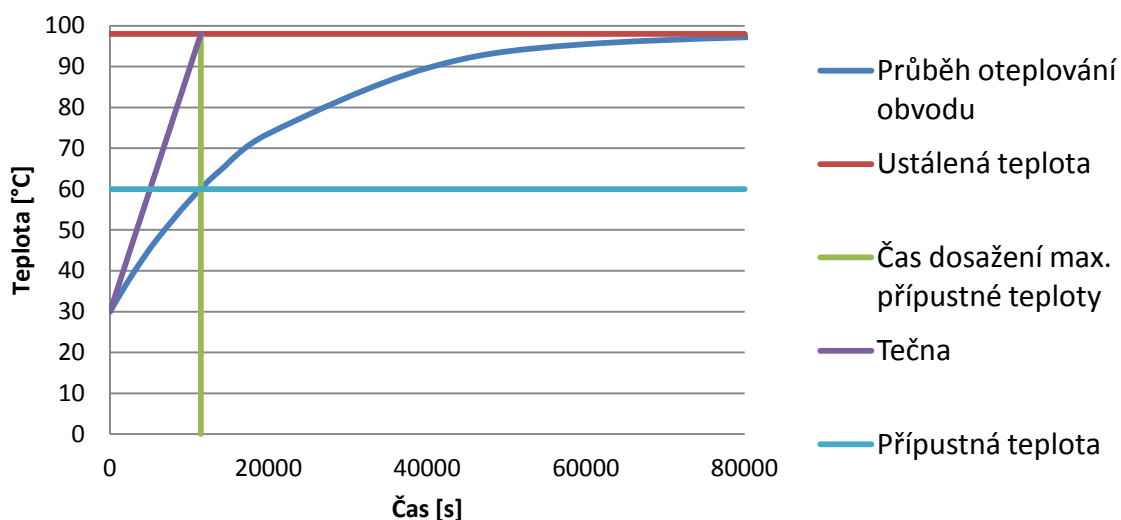
- Čas pro teplotní konstantu 0,1 T

$$T_{0,1} = 0,1 \cdot T = 0,1 \cdot 19945,45 = 1994,595 \text{ s} \quad (6.30)$$

- Teplota při teplotní konstantě 0,1 T

$$t = t_{01} + \frac{\Phi_z}{k_{\check{c}} \cdot S_{nádrž}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_{0,1}}{T}}\right) = 18 + \frac{1020}{8 \cdot 1,85} \cdot \left(1 - e^{-\frac{1994,595}{19945,95}}\right) = 36,56 \text{ °C} \quad (6.31)$$

Průběh oteplování systému



Obrázek 6.7 Průběh oteplování systému

6.6.1 Volba vzduchového chladiče

Jelikož výkon nutný k chlazení je poměrně malý volím použití vzduchového chladiče.

- Rozdíl teplot oleje a okolí

$$\Delta t = t_{olej} - t_0 = 60 - 30 = 20^\circ\text{C} \quad (6.32)$$

- Rezerva chlazeného výkonu

Vzhledem k tomu, že při výpočtu volím odhadem některé konstanty, tak je tepelný výkon orientační. Může také nastat zrychlení cyklu, což by mělo za následek navýšení tepelného výkonu, proto volím rezervu $r=2$.

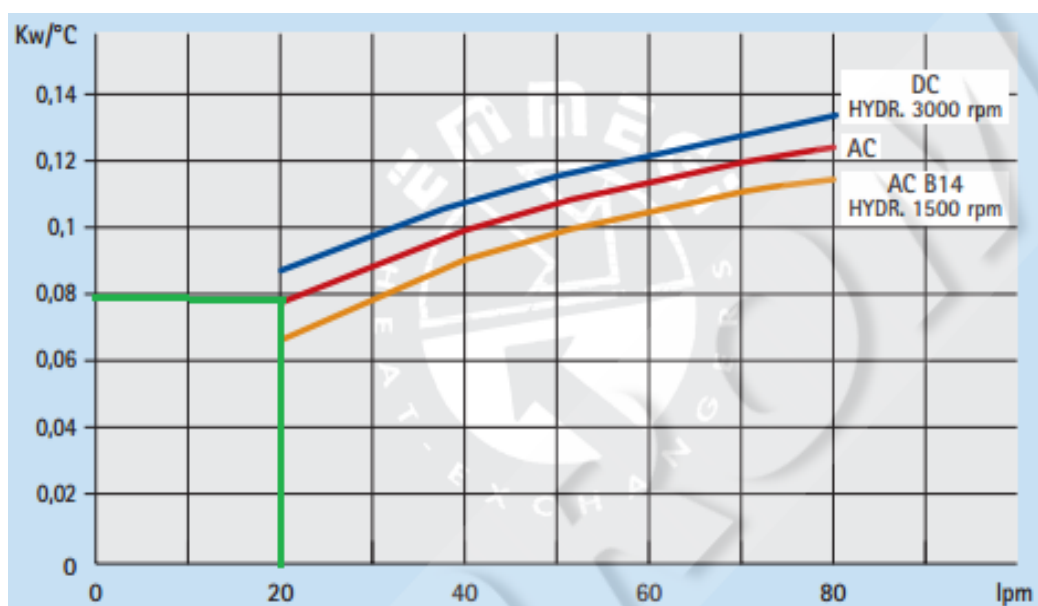
$$\Phi_r = \Phi_{ch} \cdot r = 0,57 \cdot 2 = 1,14 \text{ kW} \quad (6.33)$$

Volím chladič fy Emmegi typ: **MG 2015K**

- Výkon vzduchového chladiče

$$\Phi_{vCH} = \Delta t \cdot P = 20 \cdot 0,079 = 1.58 \text{ kW} \quad (6.34)$$

Kde je: P Specifický výkon $\text{kW} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$



Obr. 6.8 Graf výkonnosti

- **Přepočet potřebného výkonu**

Graf (obr. 6.8) je určen pro olej viskózní třídy VG32, mnou použitý olej je viskózní třídy VG46, proto je nutné provést přepočet.

$$\Phi_p = \Phi_r \cdot z = 1,14 \cdot 1,2 = 1,37 \text{ kW} \quad (6.35)$$

Kde je: z Koeficient přepočtu

- **Kontrola vzduchového chladiče**

$$\Phi_p \leq \Phi_{vch}$$

$$1,37kW \leq 1,58kW \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

- **Výkon el. motoru hydrogenerátoru chlazení**

$$P_{ech} = Q_{ch} \cdot p_{ch} = 2,166 \cdot 10^{-4} \cdot 150000 = 32,4 \text{ kW} \quad (6.36)$$

Kde je:

Q_{CH}	Průtok hydrogenerátoru $13 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	fy
	Marzochi $V_g = 8,9 \text{ cm}^3$	
p_{ch}	Tlak ve chladicí větvi 15 bar	

Výkon elektromotoru by-pásového chlazení volím neblíží vyšší $P_{eCH} = 0,37 \text{ kW}$

Elektromotor pohánějící vrtuli chladiče je výkonu 0,068 kW



Obr. 6.9 MG 2015K

7. Návod na obsluhu a údržbu

Hydraulický agregát slouží jako zdroj tlaku pro hydraulický systém stříhacího přípravku.

7.1 Popis:

Hydraulický agregát tvoří tyto základní prvky a části dle schématu čísla 1-ZIM0015

Základní prvky hydraulického agregátu:

- ocelová nádrž 100 L (1)
- elektromotor (2), 5,5 kW, 1450 ot/min
- elektromotor (19), 0,37 kW, 1450 ot/min
- hlavní hydrogenerátor (uvnitř nádrže - 5), napojený na blok (11)
- hydrogenerátor chlazení (uvnitř nádrže - 22), napojen na vzduchový chladič (27)

Hydraulický agregát slouží jako zdroj tlaku pro následující funkce stříhacího přípravku:

7.1.1 Prostřih, prolis, zajiždění klínu

Pro funkci prostřihu, prolisu i zajiždění klínu je vyčleněn hlavní hydrogenerátor (5), který je napojen pomocí hadic, přes zpětný ventil do rozvodného bloku (11) agregátu. K tomuto bloku je napojen hadicemi akumulátor (16) o objemu 20 L, spolu s bezpečnostním blokem (15). Rozvodný blok sestává z hlavních rozvaděčů DN6 (14) se škrtícími ventily s regulací (18), zajišťující funkci prostřihu a prolisu. Prostřih realizují 3 hydraulické válce 80/45-125 (33), prolis je realizován pomocí 6 hydraulických válců 63/36-20 (34). Vedlejší rozvaděče (13) se škrtícími ventily (12), slouží k seřízení jednotlivých stříhacích jednotek. Funkce vysouvání/zasouvání klínu je zabezpečena pomocí rozvaděče (41) se škrtícím ventilem (12) a hydraulickým zámkem (10). Hydraulické válce 25/12-40 realizují funkci klínu.

7.1.2 Chlazení a filtrace

Pro chladicí a filtrační obvod je vyčleněn samostatný hydrogenerátor chlazení (22), který nasává kapalinu z jednoho rohu nádrže a vhání jí přes vzduchový chladič (27) a zpětný filtr (25) do druhého rohu nádrže. Elektrický hladinoměr (32) připadá k tomuto okruhu. Standardním zapojením upozorňuje obsluhu na nízkou hladinu, po dosažení kritické havarijní hladiny vypne celý hydraulický agregát. Systém je vybaven dvěma termostaty ST1 a ST2 (30). Dosažením teploty oleje ST1 55 °C je k okruhu chlazení sepnut elektromotor ventilátoru MA3. Motor MA3 se vypne, jakmile je olej ochlazen, teplotní difference je cca 4% °C. Termostat ST2 hlídá maximální teplotu oleje (60 °C), po dosažení této havarijní teploty se vypne hlavní elektromotor MA1. Hydrogenerátor spolu s ventilátorem je stále zapnutý, aby kapalinu mohl ochladit.

7.2 Obsluha a údržba

Před použitím hydraulického agregátu, je potřeba vždy zkontrolovat stav hladiny kapaliny v nádrži. V první řadě by měl být zapnut elektromotor MA2 by-pásového filtračního a chladicího okruhu, poté je možno spustit hlavní motor MA1. Rozvaděče musí být v základní poloze, tzn. bez napětí na ovládacích cívkách, při startu hydrogenerátorů.

Tlak v hydraulickém obvodu je vyvozen hlavním hydrogenerátorem (5), po spuštění hlavního elektromotoru MA1(2). Maximální hodnota tlaku je omezena výrobcem na 200 bar pojistným ventilem na hydrogenerátoru a druhým pojistným ventilem (6) v rozvodném bloku.

Ovládání prostřihu je realizováno pomocí pracovního dvoupolohového rozvaděče s aretací (14.2) YV5A.1, YV5B.1, rychlost lze nastavit na škrtkách ventilech s regulací (18.2). Pro seřizování prostřihových jednotek je vyčleněn třípolohový rozvaděč (13.2) YV4A.1, YV4B.1 a škrtkové ventily (12.3), při seřizování musí být zavřeny kulové ventily (17) k pracovnímu rozvaděči a k jednotkám, které nechceme seřizovat.

Ovládání prolisu je realizováno pomocí pracovního dvoupolohového rozvaděče s aretací (14.1) YV2A.1, YV2B.1, rychlost lze nastavit na škrtkách ventilech s regulací (18.1). Pro seřizování prolisových jednotek je vyčleněn třípolohový rozvaděč (13.2) YV3A.1, YV3B.1 a škrtkové ventily (12.2), při seřizování musí být zavřeny kulové ventily (17) k pracovnímu rozvaděči a k jednotkám, které nechceme seřizovat.

Ovládání klínu je realizováno pomocí třípolohového rozvaděče (41) YV1A.1, YV1B.1, rychlost lze nastavit na škrtících ventilech (12.1). Zajištění polohy obstarává hydraulický zámek (42)

Hydraulické válce pro střih (33) jsou vybaveny mechanicky nastavitelným dorazem, velikost utažení nebo povolení určuje velikost matrice.

V případě vzniklé poruchy hydraulického agregátu je nutné se spojit s dodavatelem zařízení a požádat jej o odstranění poruchy. S ohledem na seřízení výstupních parametrů je výslovně zakázáno jakkoliv manipulovat s regulačními šrouby talkové a průtokové regulace.

Jestliže hladina kapaliny klesne v nádrži pod první úroveň hladinoměru (32), smí provozovatel doplnit médium přes čerpadlový agregát opatřený filtrem, případně při známkách průsaků smí vyměnit hadice

7.3 Technické údaje

Výkon hlavního elektromotoru	5.5 kW
Pracovní tlak v hydraulickém systému	20 MPa
Průtok kapaliny hlavního hydrogenerátoru	14,5 dm ³ ·min ⁻¹
Výkon elektromotoru chladicího okruhu	0,37 kW
Průtok hydrogenerátoru chladicího okruhu	13 dm ³ ·min ⁻¹
Výkon elektromotoru vrtule chlazení	0,068 kW
Pracovní kapaliny	minerální olej HLP VG 46 100 d m ³
Rozsah teploty kapaliny v nádrži	5-60 °C
Napětí elektrické soustavy	400 V – 50Hz
Napětí na elektromagnetech	24 V DC

7.4 Další informace

Většina potřebných montážních dílů hydraulického agregátu je zhotovena z konstrukčních ocelí třídy 11 a 12. Povrchová úprava nádrže je provedena pomocí práškovému lakování (komaxit)

Bezpečnost při práci s agregátem

Při používání hydraulického agregátu je zapotřebí dodržovat tyto zásady:

- Obsluha agregátu musí být seznámena s návodem k použití a proškolená v oblasti hydraulických zařízení
- Obsluze není dovoleno samovolně seřizovat nastavené parametry hydraulického agregátu, bez předběžné konzultace s dodavatelem
- Při demontáži hadic, trubek nebo výměně potrubních spojů je třeba, aby obsluha dbala na čistotu odkládacích ploch, pro vyloučení případného zanesení nečistot do potrubního systému
- Dodržovat to, aby hydraulický agregát nebyl zbytečně v chodu, není-li třeba

Možné poruchy a jejich odstranění

Porucha – elektromotor se netočí

Je vypnut hlavní vypínač. Mohl nastat výpadek elektrického proudu. Není zapnuto ovládání elektromotoru, či vypadl jistič nebo jiná motorová ochrana. Další možnou příčinou je zamáčknutí některého z centrál stopů.

Porucha – elektromotor se točí, ale hydrogenerátor nedává tlak

Zprvė proved'te kontrolu správnosti otáčení elektromotoru, poté zkontrolujte nastavení pojistného ventilu. Zatlačte na nouzové ovládání elektromagnetu rozvaděče.

Porucha – hydrogenerátor dává tlak, ale válce nekonají pohyb

Buď jsou válce v koncové poloze, nebo jsou příliš utaženy škrtící ventily.

8. Závěr

Diplomová práce se zabývala návrhem stříhacího přípravku pro stříhání C profilu, který je součástí stavebního pouzdra posuvných dveří. Na začátku byla zpracována rešerše o moderních systémech posuvných dveří a o jedné z nejpoužívanějších technologií ve strojírenském průmyslu stříhání. Poté byly určeny požadavky na stříhací přípravek a ty musely být dodrženy.

Po určení požadavků jsem navrhl konstrukci řešení stříhací jednotky a vybral vhodnou variantu. Zvolil jsem variantu č. 2, oproti první variantě byla konstrukce tužší a nástroje jednodušší. Varianta č. 1. měla navíc málo tuhé matrice, jelikož prostor mezi stěny profilu C je velmi malý na to, aby tam šlo vložit dvě matrice s požadovanou tuhostí. Dalším neduhem první varianty byl spodní stříh, dle požadavků měl být zaručen odvod odpadu do bedny, zde nastává problém, při spodním stříhnutí musí střížník vyjet nad hranu střížnice tak, aby bylo možno odpad dostat hrablem pryč z prostoru mezi matricemi, pokud se střížník přibrousí, sníží se jeho výška a hrablo má potíže stáhnout výstřižek, také může dojít ke vzpříčení odpadu, což by mělo za následek poškození nějaké části střížné jednotky.

V další části jsem vytvořil hydraulický systém a zhotovil schéma obvodu. Bylo zvoleno regulační čerpadlo s regulací na konstantní tlak, které je hlavním zdrojem tlaku v obvodu. Řídit stříhadla jsem se rozhodl klasickou hydraulickou technikou. Pro obvod bylo zvoleno bypasové chlazení a filtrace, z důvodu nedostatečné cirkulace kapaliny v hlavním okruhu hydraulického systému.

Pro zvolený hydraulický obvod jsem vykonal potřebné výpočty v ustáleném stavu. Byly navrhnuty velikosti hydromotorů, hydrogenerátorů a elektromotorů. Výkon elektromotoru pro stříhání byl určen na 5,5 kW. Dále byl proveden tepelný výpočet obvodu, který zjistil, že je potřeba systém chladit. Určil jsem velikost a zvolil vzduchový chladič poháněný elektromotorem výkonu 0,068kW. Pohon hydrogenerátoru pro okruh chlazení zajišťoval elektromotor výkonu 0,37 kW.

V přílohách je projekt zařízení a veškerá výkresová dokumentace dle zadání.

9. Seznam Použité literatury

- [1] HRUŽÍK, L., BOVA, M. *Hydraulická zařízení strojů* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 116s. ISBN 978-80-248-1827-6
- [2] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy Díl 1*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 1999. 158 s. ISBN 80–7078–620- 5
- [3] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy Díl 2*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2010. 150 s. ISBN 978-80-248-1827-6
- [4] KOPÁČEK, J. *Mechanické a hydraulické převody*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2009. 186 s. ISBN 978-80-248-1988-4
- [5] *Technologie II*. [online] Dostupn0 z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm Citováno 15.4.2015
- [6] ŽÍDEK, M. DĚDEK, V. SOMMER, B. *Tváření oceli*. Praha: SNTL, 1988. 520s
- [7] Mannesmann Rexroth *Planning and design of hydraulic power system, Hydraulic trainer, Volume 3*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth , 1988. 374 s. ISBN 3-8023-0266-4
- [8] Mannesmann Rexroth *Basic Principles and Components of fluid technology , Hydraulic Trainer, Volume 1*. Lohr am Main : Mannesmann Rexroth, 1991. 344 s. ISBN 3-8023-0266-4.

Firemní podklady:

- [10] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.emmegi.com>> [cit. 14.5.2015]
- [11] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.motorgear.cz>> [cit. 14.5.2015]
- [12] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.paramo.cz>> [cit. 14.5.2015]
- [13] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.yuken.com>> [cit. 14.5.2015]
- [14] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.stauff.com>> [cit. 14.5.2015]
- [15] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.metra-su.cz>> [cit. 14.5.2015]
- [16] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.argo-hytos.com>> [cit. 14.5.2015]
- [17] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.marzocchipompe.com>> [cit. 14.5.2015]
- [18] Projekční podklady firmy Interfluid spol. s.r.o.
- [19] Firemní katalog dostupný z WWW: <<http://www.hydroma.cz>> [cit. 14.5.2015]

7. Seznam příloh

Příloha A	Projekt zařízení výkres č. ZIM0015-1 Funkční schéma výkres č. ZIM0015-2 Specifikace prvků výkres č. ZIM0015-3 Motorová listina výkres č. ZIM0015-4 Nádrž
Příloha B	výkres č. ZIM0015-5 Stříhaný profil
Příloha C	Výrobní dokumentace stříhací jednotky výkres č. ZIM0015-6 Sestava jednotky výkres č. ZIM0015-7 Hlavní deska výkres č. ZIM0015-8 Céčko pravé výkres č. ZIM0015-9 Céčko levé výkres č. ZIM0015-10 Matrice 1 výkres č. ZIM0015-11 Deska válce výkres č. ZIM0015-12 Spojnice výkres č. ZIM0015-13 Matrice 2 výkres č. ZIM0015-14 Vodící deska výkres č. ZIM0015-15 Deska pístnice výkres č. ZIM0015-16 Nástroj 1 výkres č. ZIM0015-17 Nástroj 2 výkres č. ZIM0015-18 Držák nástroje výkres č. ZIM0015-19 T matice výkres č. ZIM0015-20 Skluz výkres č. ZIM0015-21 Vodící tyč výkres č. ZIM0015-22 Držák matrice výkres č. ZIM0015-23 Mezideska
Příloha D	Sestavný výkres stříhacího přípravku výkres č. ZIM0015-24 Stříhací přípravek
Příloha E	CD nosič – obsahuje tuto diplomovou práci včetně příloh.